



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

ESCUELA DE INGENIERIAS AGRÁRIAS

TESIS DOCTORAL

LA ALIMENTACIÓN HÍDRICA DE LA VARIEDAD ARAGONEZ (*Vitis vinifera* L.) EN VERTISUELOS REGADOS, CON Y SIN CULTIVO DE COBERTURA: EFECTOS DEL RIEGO EN LA PRODUCCIÓN Y EN LA DINÁMICA DE EXTRACCIÓN DE AGUA.

Alexandra Telo da Costa Trincalhetas Tomaz

Departamento: Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal

Área: Producción Vegetal

Director: Profesor Doctor José Miguel Coletto Martínez

Co-Director: Profesor Doctor Carlos Arruda Pacheco

Badajoz
2012

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

ESCUELA DE INGENIERIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL MEDIO AGRONÓMICO Y FORESTAL

TESIS DOCTORAL

**LA ALIMENTACIÓN HÍDRICA DE LA VARIEDAD ARAGONEZ
(*VITIS VINIFERA* L.) EN VERTISUELOS REGADOS, CON Y SIN
CULTIVO DE COBERTURA: EFECTOS DEL RIEGO EN LA
PRODUCCIÓN Y EN LA DINÁMICA DE EXTRACCIÓN DE AGUA.**

Alexandra Telo da Costa Trincalhetas Tomaz

Badajoz, 2012

Para o Pedro e a Catarina

*O que é bonito neste mundo, e anima,
É ver que na vindima
De cada sonho
Fica a ceça a sonhar outra aventura...
E que a doçura que se não prova
Se transfigura
Numa doçura
Muito mais pura
E muito mais nova...*

(Confiança, Miguel Torga, 1907-1995)

AGRADECIMENTOS

Para realizar este trabalho, contei com a ajuda e o apoio de muitas pessoas, às quais quero expressar os meus mais sinceros agradecimentos. São elas:

O Professor Doutor José Coletto Martínez, director de Tese, cuja simpatia, entusiasmo, orientação e palavras de apoio foram um verdadeiro bálsamo em muitos momentos ao longo destes dois anos de trabalho.

O Professor Doutor Carlos Arruda Pacheco, co-director da tese e responsável pelo Projecto PEDIZA II - *Rega Deficitária em Vinha – Critérios de Condução da Rega Compatíveis com a Qualidade da Produção*, com base no qual este trabalho foi desenvolvido, que sempre confiou em mim para levar este trabalho avante e pelas valiosas críticas e sugestões.

A restante equipa do projecto PEDIZA II, especialmente a Doutora Olga Laureano responsável pelas determinações analíticas nos frutos e no vinho; a Engenheira Agrónoma Ana Dias, sempre gentil, ambas do Instituto Superior de Agronomia de Lisboa; o Professor Doutor Pedro Oliveira e Silva, pelo auxílio no esclarecimento de dúvidas estatísticas (e, por vezes, existenciais ...), da Escola Superior Agrária de Beja; o Engenheiro Luís Miguel Boteta, outro verdadeiro exemplo de gentileza, do Centro Operativo de Tecnologias do Regadio.

Os colegas do Departamento de Biociências, da Escola Superior Agrária de Beja, que assumiram parte da minha carga horária docente durante dois anos, com um agradecimento especial à Professora Adjunta Sofia Ramôa.

A Professora Adjunta Isabel Guerreiro, minha colega de gabinete e amiga, pela amizade e apoio em alguns momentos mais “espinhosos”.

A Professora Adjunta Ana Luísa Fernandes, colega que ao solicitar a minha colaboração nas unidades curriculares da área do regadio, despertou em mim a paixão por esta área da agronomia.

A Professora Adjunta Anabela Amaral, pelo empréstimo de alguns dos artigos aqui citados.

O Engenheiro Manuel Cabral, proprietário do Monte das Palmeiras, onde decorreu o ensaio, pela simpatia e disponibilidade demonstrada.

A minha família, claro. Sérgio, o meu marido e o meu mais que exclusivo e afectuoso *personal adviser*; os meus maravilhosos e irrequietos filhos, Pedro e Catarina, sempre tão perplexos e desconfiados, do alto dos seus 8 anos, com o tempo “perdido” pela mãe em números, gráficos e textos quando há tantas coisas muito mais giras para ver e fazer na Internet; os meus pais Gena e João, extraordinários pelo seu apoio abnegado.

Faltam palavras para expressar o que significou para mim todo este apoio. Obrigada a todos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Resumen	I
Resumo	3
Abstract	5
1. Introdução e objetivos	7
2. Revisión bibliográfica	11
3. Materiales y métodos	39
3.1. Localización del ensayo y diseño experimental	39
3.2. Caracterización del material vegetal y observaciones fenológicas	43
3.3. Caracterización pedológica	43
3.4. Distribución de las raíces	48
3.5. Caracterización climática	49
3.6. Caracterización del sistema de riego y calendarización de riegos	52
3.7. Monitorización de la biomasa aérea del cultivo de cobertura	55
3.8. Monitorización del vigor, de las componentes del rendimiento y de la calidad de producción	56
3.9. Análisis estadísticos	57
3.10. Monitorización de los parámetros eco-fisiológicos de las vides: área foliar, potencial hídrico de base y cambios gaseosos	58
3.11. Monitorización del contenido en agua del suelo	61
4. Resultados y discusión	67
4.1. Biomasa aérea de la cobertura del suelo	67
4.2. Vigor y rendimiento	68
4.3. Calidad de la producción	75
4.3.1. Composición de las uvas	75
4.3.2. Composición del vino	80
4.4. Eco-fisiología	85
4.4.1. Área foliar total	85
4.4.2. Potencial hídrico de base	87
4.4.3. Cambios gaseosos en las hojas	92

	Pág.
4.5.Extracción de agua del suelo	99
4.5.1. Evolución de los perfiles hídricos	99
4.5.2. Almacenamiento de agua en el perfil y por capas de suelo	111
4.5.3. Evolución temporal del almacenamiento de agua en la línea y en la entrelínea	115
4.5.4. Dinámica de consumo hídrico en diferentes compartimentos del suelo	120
5. Conclusões	127
6. Bibliografía	129
Anexos	137
Anexo I – Estados fenológicos de la vid	139
Anexo II – Descripción detallada de los perfiles de suelo	140
Anexo III – Datos de distribución de raíces	142
Anexo IV – Datos meteorológicos	144
Anexo V – Calendarización de riegos	145
Anexo VI – Datos de biomasa aérea de la cobertura del suelo	147
Anexo VII – Datos de vigor y rendimiento	148
Anexo VIII – Datos de calidad de producción – uvas y vino	157
Anexo IX - Datos de parámetros eco-fisiológicos	159
Anexo X – Sondas de neutrones	166
Anexo X.1 – Curvas de calibración de las sondas de neutrones	166
Anexo X.2 – Distribución, localización y profundidad de los tubos de acceso a las sondas de neutrones	167
Anexo XI – Datos de contenido volumétrico en humedad del suelo	168
Anexo XII – Perfiles de humedad del suelo por modalidad y por tipo de cobertura x suelo	189

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 – Denominaciones de origen de los vinos en Portugal y localización aproximada (x) de la viña donde se realizó este trabajo (adaptado de MADRP, 2008).	12
Figura 2.2 – Modelo de variación de la cualidad de las uvas o del vino en función de la variación del rendimiento (adaptado de Ojeda, 2007b).	15
Figura 2.3 – Evolución comparada de la fotosíntesis, del crecimiento vegetativo y del potencial de maduración sometidos a un índice de sequedad creciente (adaptado de Carbonneau, 2004).	19
Figura 2.4 – Ejemplo de evolución diaria de los potenciales de la hoja y del ramo (adaptado de Silvestre <i>et al.</i> , 2006).	26
Figura 2.5 – Estados hídricos óptimos (verde), desfavorables (amarillo) y perjudiciales (naranja) en función del periodo vegetativo de la vid, y valores de potencial foliar de base (Ψ_b), en MPa. El subrayado indica la zona óptima para vinos tintos (adaptado de Ojeda, 2007a).	27
Figura 2.6 – Valores típicos de agua disponible en diferentes texturas de suelo (CC – Capacidad de Campo; PMP – Punto de marchitamiento permanente) (adaptado de Shaxson & Barber, 2003).	33
Figura 3.1 – A) Imagen de parte de la finca <i>Monte das Palmeiras</i> con identificación de algunos cultivos y puntos de referencia– escala aproximada de 1:5000; B) Imagen de la viña del ensayo y localización de las parcelas e de otros puntos de referencia – escala aproximada de 1:10000 (adaptado de Google Maps, 2010).	40
Figura 3.2 – Viña de <i>Monte das Palmeiras</i> : A) entrelínea con <i>cover crop</i> (después de cortado); B) entrelínea con vegetación espontánea (después de cortada).	41
Figura 3.3 – Esquema experimental del ensayo: VEI y VEII – parcelas con cobertura del suelo espontánea; CCI y CCII – parcelas con cobertura sembrada; A –modalidad de riego de elevado confort hídrico; B –modalidad de riego de moderado confort hídrico; C – modalidad de riego ultra deficitario; D – modalidad de riego del agricultor; SE – modalidad de no riego.	42
Figura 3.4 – Fotografía de parte del perfil 1, hasta la profundidad de 130 cm (PEDIZA, 2008).	46
Figura 3.5 – Fotografía del perfil 2, hasta la profundidad de 220 cm (PEDIZA, 2008).	47
Figura 3.6 – Distribución radicular de la vid, por clases de diámetros: planos A y B – planos verticales perpendiculares a la línea, en el suelo 1 y 2, respectivamente.	49
Figura 3.7 – Graficas termo-pluviométrica y de evapotranspiración de referencia media mensual desde 1 de Enero hasta 31 de Agosto de 2007.	50
Figura 3.8 – Graficas termo-pluviométrica y de evapotranspiración de referencia media mensual desde 1 de Enero hasta 31 de Agosto de 2008.	51
Figura 3.9 – Precipitación mensual registrada a lo largo de los año hidrológicos 2006/2007 y 2007/2008. Se delimitan a amarillo las columnas de los meses del ciclo anual de la vid.	51
Figura 3.10 – Localización de los tubos de acceso para las sonda de neutrones en 2008. La identificación es realizada con el código <i>Tipo de cobertura x suelo/Dotación(localización: Línea Vs. Entrelínea)</i> , siendo cada dotación de riego reconocida también por un color específico. La sigla NF se refiere a un tubo que no funcionó durante el período de estudio.	62
Figura 3.11 – Representación de los compartimientos de suelo considerados para análisis de la extracción de agua por la vid y por el <i>cover crop</i> .	66
Figura 4.1 – Efecto del tipo cobertura x suelo en la biomasa aérea del cultivo de cobertura (materia seca total). Las columnas representan la media de 8 registros (2 x 4 modalidades de riego) y las barras a gris corresponden al error padrón.	68

	Pág.
Figura 4.2 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el vigor (a - peso de leña de poda; b - índice de Ravaz). Las columnas representan la media de 10 registros y las barras a gris corresponden al error padrón.	69
Figura 4.3 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el rendimiento y sus componentes (a - producción por hectárea; b - número de racimos por vid; c - peso por racimo). Las columnas representan la media de 10 registros y las barras a gris corresponden al error padrón.	73
Figura 4.4 – Efecto de las dotaciones de riego en la productividad con relación a la agua de riego aplicada (CWP). Las columnas representan la media de 40 registros (10 x 4 tipos de cobertura) y las barras a gris corresponden al error padrón.	74
Figura 4.5 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el contenido en sólidos solubles de las uvas (grado Brix).	75
Figura 4.6 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la acidez de las uvas (a – pH; b - acidez total).	78
Figura 4.7 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la cantidad de compuestos fenólicos de las uvas (a - índice de polifenoles totales; b - concentración de antocianos; c - concentración de taninos).	79
Figura 4.8 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el contenido en azúcares y alcohol del vino (a - concentración de azúcares; b - porcentaje de volumen de alcohol adquirido).	82
Figura 4.9 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la acidez del vino (a – pH; b - acidez total; c - acidez volátil).	83
Figura 4.10 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en concentración de dióxido de azufre libre.	84
Figura 4.11 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el desarrollo de la área foliar total de las vides, durante el año de 2007. Cada punto representa la media de 6 registros.	85
Figura 4.12 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego A, C y SE en la área foliar total de las vides, en el día 4 de Junio de 2008. Cada punto representa la media de 3 registros, excepto para la modalidad SE, donde se tiene la media de dos registros.	86
Figura 4.13 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el potencial hídrico foliar de base, desde el desarrollo de los frutos hasta la cosecha, en el año de 2007. Cada punto representa la media de 2 registros por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo. Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.	87
Figura 4.14 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el potencial hídrico foliar de base, desde el desarrollo de los frutos hasta la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo. Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.	88
Figura 4.15 – Comparación de los efectos en el potencial hídrico foliar de base(a - tipo cobertura x suelo; b dotación de riego). Cada punto representa la media de 8 y de 10 registros, respectivamente en 2007 y 2008 (tipo de cobertura x suelo), o la media de 8 registros (dotación de riego). Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.	90

	Pág.
Figura 4.16 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en los cambios gaseosos de las hojas (a - tasa de fotosíntesis; b - conductancia estomática; c - tasa de transpiración), entre el envero y la cosecha, en el año de 2007. Cada punto representa la media de 3 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo. En los gráficos de conductancia estomática: las áreas a color verde corresponden al intervalo de valores de gs indicativos de un stress hídrico ligero, las áreas a color amarillo corresponden al intervalo de valores de gs indicativos de un stress hídrico moderado (a partir de Cifre <i>et al.</i> , 2005).	93
Figura 4.17 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la eficiencia intrínseca de uso del agua, WUE _i , entre el envero y la cosecha, en el año de 2007.	95
Figura 4.18 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la tasa de fotosíntesis, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo.	96
Figura 4.19 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la conductancia estomática, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo. Las áreas a color verde corresponden al intervalo de valores de gs indicativos de un stress hídrico ligero, las áreas a color amarillo corresponden al intervalo de valores de gs indicativos de un stress hídrico moderado (a partir de Cifre <i>et al.</i> , 2005).	97
Figura 4.20 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la tasa de transpiración, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo.	98
Figura 4.21 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la eficiencia intrínseca de uso del agua, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación <i>versus</i> tipo de cobertura x suelo.	99
Figura 4.22 – Perfiles de desecamiento medios del suelo en las diferentes modalidades de riego - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	100
Figura 4.23 – Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) del suelo en los diferentes tipos de cobertura x suelo - año de 2007 (a - vegetación espontánea x suelo 1; b - vegetación espontánea x suelo 2; c - <i>cover crop</i> x suelo 1; d - <i>cover crop</i> x suelo 2).	101
Figura 4.24 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en las parcelas con vegetación espontánea - año de 2007 (a - entrelínea en la modalidad A/VEI; b - entrelínea en la modalidad B/VEI; c - entrelínea en la modalidad C/VEI; d - entrelínea en la modalidad A/VEII; e - entrelínea en la modalidad B/VEII; f - entrelínea en la modalidad C/VEII).	103
Figura 4.25 – Perfiles de desecamiento medios del suelo en las diferentes modalidades de riego - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	105
Figura 4.26 – Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) del suelo en los diferentes tipos de cobertura x suelo - año de 2008(a - vegetación espontánea x suelo 1; b - vegetación espontánea x suelo 2; c - <i>cover crop</i> x suelo 1; d - <i>cover crop</i> x suelo 2).	107
Figura 4.27 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en las parcelas con vegetación espontánea - año de 2008 (a - entrelínea en la modalidad A/VEI; b - entrelínea en la modalidad B/VEI; c - entrelínea en la modalidad C/VEI; d - entrelínea en la modalidad A/VEII; e - entrelínea en la modalidad C/VEII).	108
Figura 4.28 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en la modalidad de secano- año de 2008 (a - vegetación espontánea x suelo 2; b - <i>cover crop</i> x suelo 1; c - <i>cover crop</i> x suelo 2).	110
Figura 4.29 – Valores medios de agua transpirable en el perfil (a -modalidades de riego, en secano y en la entrelínea; b - tipos de cobertura x tipos de suelo).	111

	Pág.
Figura 4.30 – Valores medios de agua transpirable total en las capas de suelo de 0 a 50 cm, de 50 a 100 cm, de 100 a 200 cm y de 200 a 270 cm, para cada tipo de cobertura x tipo de suelo, en 2007.	113
Figura 4.31 – Valores medios de agua transpirable total en las capas de suelo de 0 a 50 cm, de 50 a 100 cm, de 100 a 200 cm y de 200 a 270 cm, para cada tipo de cobertura x tipo de suelo, en 2008.	114
Figura 4.32 – Variación a lo largo del ciclo, en VEI, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.	116
Figura 4.33 – Variación a lo largo del ciclo, en VEII, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.	117
Figura 4.34 – Variación a lo largo del ciclo, en CCI, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.	118
Figura 4.35 – Variación a lo largo del ciclo, en CCII, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.	119
Figura 4.36 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa superficial (0-50 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c - seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.	121
Figura 4.37 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa intermedia (50-100 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c - seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.	122
Figura 4.38 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa profunda (100-200 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c - seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.	123
Figura 4.39 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa más profunda (200-270 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c - seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.	124
Figura 4.40 – Variación mensual del contenido en agua para los dos años de ensayo, en seco, en 6 compartimentos del suelo, con diferentes cubiertos vegetales en la entrelínea (a - capa 0-50 cm en la línea; b - capa 0-50 cm en la entrelínea; c - capa 50-100 cm en la línea; d - capa 50-100 cm en la entrelínea; e - capa 100-200 cm en la línea; f - capa 100-200 cm en entrelínea). Cada columna corresponde al valor medio de los dos suelos en cada tipo de cobertura vegetal.	126
Figura A.1. – Estados fenológicos de la vid, según Baggioini: A-Yema de Invierno; B-Yema de algodón; C-Punta verde; D-Salida de hojas; E-2 a 3 hojas libres; F-Racimos visibles; G-Racimos separados; H-Flores separadas; I-Floración; J-Cuajado; K-Baya de guisante; L-Racimo cerrado; M-Envero; N-Maduración (Adaptado de APRENDER NA VINHA, 2008).	139
Figura A.2 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 1 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	189
Figura A.3 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 2 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	190
Figura A.4 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con <i>cover crop</i> del suelo 1 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	191

	Pág.
Figura A.5 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con <i>cover crop</i> del suelo 2 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	192
Figura A.6 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 1 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	193
Figura A.7 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 2 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	194
Figura A.8 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con <i>cover crop</i> del suelo 1 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	195
Figura A.9 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con <i>cover crop</i> del suelo 2 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).	196

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 – Uso de agua por la vid de acuerdo con la fase del ciclo de desarrollo (Wample, 2002).	18
Tabla 2.2 – Biosíntesis de algunos compuestos y impactos de las carencias hídricas en distintas fases del ciclo de crecimiento de la vid, según Ojeda <i>et al.</i> (2002) Keller (2005) y Silvestre (2008).	22
Tabla 2.3 – Relación entre el potencial hídrico de base y el estado hídrico de la vid (Carbonneau, 2004).	27
Tabla 2.4 – Relación entre los valores de intercambios gaseosos en las hojas, el stress hídrico y la eficiencia de uso del agua (Cifre <i>et al.</i> , 2005).	30
Tabla 3.1 – Descripción de las parcelas.	39
Tabla 3.2 – Dotaciones de riego correspondientes a cada una de las modalidades ensayadas.	42
Tabla 3.3 – Evolución de la fenología de la viña durante el ensayo.	44
Tabla 3.4 – Datos físicos de los <i>pedóns</i> (PEDIZA, 2008).	45
Tabla 3.5 – Dotaciones de riego totales por modalidad y precipitación, en diferentes periodos del ciclo de desarrollo de 2007.	53
Tabla 3.6 – Dotaciones de riego totales por modalidad y precipitación, en diferentes periodos del ciclo de desarrollo de 2008.	54
Tabla 3.7 – Número de capas y sus espesores, considerando tubos hasta una profundidad de 290 cm.	63
Tabla 4.1 – Efecto del tipo cobertura x suelo en la biomasa aérea (materia seca total) del cultivo de cobertura.	67
Tabla 4.2 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el vigor (peso de leña de poda e IR – índice de Ravaz), en el rendimiento (producción por hectárea) y sus componentes (número de racimos por cepa y peso por racimo). Efecto de las dotaciones de riego en <i>CWPF</i> (<i>Crop Water Productivity Function</i>).	70
Tabla 4.3 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la composición de las uvas a la cosecha.	76
Tabla 4.4 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la composición del vino.	81
Tabla A.1 – Descripción del perfil del suelo 1 (PEDIZA, 2008).	140
Tabla A.2 – Descripción del perfil del suelo 2 (PEDIZA, 2008).	141
Tabla A.3 – Distribución de raíces de diferentes clases de diámetro, en el suelo 1.	142
Tabla A.4 – Distribución de raíces de diferentes clases de diámetro, en el suelo 2.	143
Tabla A.5 – Datos meteorológicos mensuales, en 2007.	144
Tabla A.6 – Datos meteorológicos mensuales, en 2008.	144

	Pág.
Tabla A.7 – Calendario de riegos durante 2007.	145
Tabla A.8 – Calendario de riegos durante 2008.	146
Tabla A.9 – Materia seca total, en 2007.	147
Tabla A.10 – Materia seca total, en 2008.	147
Tabla A.11 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPF, en 2007.	148
Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPF, en 2008.	152
Tabla A.13 – Datos analíticos de las uvas a la cosecha, en 2007.	157
Tabla A.14 – Datos analíticos de las uvas a la cosecha, en 2008.	157
Tabla A.15 – Datos analíticos del vino, en 2007.	158
Tabla A.16 – Datos analíticos del vino, en 2008.	158
Tabla A.17 – Área foliar total, en 2007.	159
Tabla A.18 – Área foliar total, en 2008.	161
Tabla A.19 – Potencial hídrico foliar de base, en 2007.	162
Tabla A.20 – Potencial hídrico foliar de base, en 2008.	163
Tabla A.21 – Cambios gaseosos en las hojas, en 2007.	164
Tabla A.22 – Cambios gaseosos en las hojas, en 2008.	165
Tabla A.23. – Curvas de calibración de las cuatro sondas de neutrones utilizadas en la monitorización del contenido en humedad del suelo.	166
Tabla A.24 – Número de tubos de acceso para la sonda de neutrones, su localización (L –línea; EL – entrelínea), referencia y profundidad.	167
Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007	168
Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008.	177

LISTA DE SÍMBOLOS

A. En Revisión Bibliográfica

A – tasa neta de asimilación de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

An_{max} – tasa neta máxima de fotosíntesis (del inglés *maximal net Assimilation*) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

CWPF – función de productividad del agua de riego (del inglés *Crop Water Productivity Function*) ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

ΔT – diferencia de temperatura entre los dos niveles de inserción de las sondas, en el método de Granier (°C)

$\Delta T_{\text{máx}}$ – diferencia de temperatura entre los dos niveles de inserción de las sondas, en condiciones de flujo nulo, en el método de Granier (°C)

E – tasa de transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

ETc – evapotranspiración cultural (mm d^{-1})

FTSW – fracción del agua del suelo transpirable (del inglés *Fraction of Transpirable Soil Water*)

gs – conductancia estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

IR – Índice de Ravaz

J – densidad de flujo de savia ($\text{m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

K – índice de flujo de savia

LTD – transductores lineales de desplazamiento (del inglés *Linear Transducers of Displacement*)

MDS – contracción máxima diaria del tronco, (del inglés *Maximum Daily Shrinkage*) (mm)

MXTD – diámetro máximo diario del tronco (del inglés *Máximum Trunk Diameter*) (mm)

RDI – riego deficitario controlado (del inglés *Regulated Deficit Irrigation*)

TGR – razón de crecimiento del tronco (del inglés *Trunk Growth Rate*)

WP – productividad del agua, (del inglés *Water Productivity*) ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

WUE_i – eficiencia intrínseca de utilización del agua (del inglés *intrinsic Water Use Efficiency*) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)

WUE_{int} – eficiencia instantánea de utilización del agua (del inglés *instant Water Use Efficiency*) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)

Ψ_b – potencial hídrico de base (MPa)

Ψ_{min} – potencial hídrico mínimo (MPa)

Ψ_r – potencial hídrico del ramo (MPa)

B. En Materiales y Métodos

A – modalidad de riego de elevado confort hídrico

AF_s – área foliar secundaria (cm^2)

- AF_T** – área foliar total (cm^2)
- ASW** – agua disponible en el suelo (del inglés *Available Soil Water*) (mm)
- $ASW_{k,j}$** – agua disponible en la capa k y en el día j (mm)
- $ASW_{(0-270\text{ cm})}$** – agua disponible en el perfil (mm)
- ASW_j** – agua disponible en el perfil en el día j (mm)
- B** – modalidad de riego de confort hídrico moderado
- C** – modalidad de riego ultra deficitario
- CCI** – unidad (parcela) con cover crop en entrelínea en el suelo 1
- CCII** – unidad (parcela) con cover crop en entrelínea en el suelo 2
- D** – modalidad de riego del agricultor (o riego deficitario).
- i** – número de capas correspondientes a los niveles de registro de las sondas ($i = 1, 2, 3, \dots, 14$)
- IEL** – capa intermedia – 50 a 100 cm - en la entrelínea
- IL** – capa intermedia – 50 a 100 cm - en la línea
- j** – día de registro con las sondas
- k** – capas 0 - 50 cm, 50 - 100 cm, 100 - 200 cm y 200 - 270 cm, para estudio del almacenamiento de agua ($k = 1, 2, \dots, 4$)
- L_P** – área de la mayor hoja principal del sarmiento (cm^2)
- L_S** – área de la mayor hoja secundaria del sarmiento (cm^2)
- MLA_P** – área foliar media principal del sarmiento (cm^2)
- MLA_S** – área foliar media secundaria del sarmiento (cm^2)
- NL_P** – n° de hojas principales del sarmiento
- P** – precipitación (mm)
- PEL** – capa profunda– 100 a 200 cm – en la entrelínea
- PL** – capa profunda– 100 a 200 cm – en la línea
- SE** – modalidad de secano o no riego
- SEL** – capa superficial – 0 a 50 cm - en la entrelínea
- SL** – capa superficial – 0 a 50 cm - en la línea
- S_P** – área de la menor hoja principal del sarmiento (cm^2)
- TTSW** – agua transpirable total en el suelo (del inglés *Total Transpirable Soil Water*) (mm)
- $TTSW_k$** – agua transpirable total en la capa k (mm)
- $TTSW_{(0-270\text{ cm})}$** – agua transpirable total en el perfil (mm)
- VEI** – unidad (parcela) con vegetación espontánea en entrelínea en el suelo 1
- VEII** – unidad (parcela) con vegetación espontánea en entrelínea en el suelo 2
- Z_i** – espesor de la capa i (mm)
- $\theta_{h(0-270\text{ cm}),j}$** – altura de agua en el perfil en el día j (mm)
- $\theta_{h(0-270\text{ cm})Max}$** – altura de agua correspondiente al máximo almacenamiento (mm)
- $\theta_{h(0-270\text{ cm})Min}$** – altura de agua correspondiente al máximo desecamiento (mm)

- $\theta_{h, k, j}$. – altura de agua en la capa k y en el día j (mm)
- $\theta_{h, k, Máx.}$ – máximo almacenamiento en la capa k (mm)
- $\theta_{h, k, Mín.}$ – máximo desecamiento en la capa k (mm)
- $\theta_{h, i}$ – altura de agua en la capa i (mm)
- $\theta_{h, k}$ – altura de agua en la capa k (mm)
- $\theta_{v, i}$ – contenido volumétrico de humedad en la capa i (%)

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por finalidad aumentar el conocimiento sobre la alimentación hídrica de la vid en condiciones pedoclimáticas de disponibilidad de agua, determinando la efectiva contribución del riego para la producción y analizando la extracción hídrica realizada por la planta en la línea y entrelínea, bajo diferentes dotaciones de riego y condiciones de cobertura del suelo. Se analizaron datos recogidos durante dos años, en un viñedo (*Vitis vinifera* L.) de la variedad Aragonez (syn. Tempranillo) situada en Baixo Alentejo, Sur de Portugal, una región con clima de tipo mediterráneo. La viña, con un marco de 2,8 m x 1,0 m, está ubicada en vertisuelos y es regada por goteo. Su sistema radicular alcanza cerca de 3,00 m de profundidad. En la parcela de estudio, con un área total de 4 ha, se introdujo un área con encespedado en la entrelínea, manteniéndose vegetación espontánea en la restante área. Las modalidades de riego ensayadas fueron: 50 mm (ultra deficitaria); 100 mm (deficitaria); 150 mm (confort hídrico); 200 mm (máximo confort hídrico); secano. Los componentes cuantitativos de la producción influenciados por el riego en ambos años de ensayo fueron el peso de la leña de poda, la producción unitaria y el peso por racimo. En el caso de los componentes cualitativos fueron pocos y discordantes los parámetros que presentaron diferencias significativas. La contribución del riego a la producción depende de la distribución intra-anual de las lluvias y de su efectividad en el humedecimiento del volumen potencial del *pedon* que contribuye a la alimentación hídrica de la vid. En fechas posteriores a la del inicio del riego, en la línea de plantación, se mantiene el consumo de agua en la entrelínea. La extracción hídrica de la vid se hace notar hasta profundidades 7,5 veces superiores a las del sistema radicular del *cover crop* (aproximadamente 40 cm, con la mayor densidad de raíces hasta 20 cm). Con el tiempo, la presencia de la cobertura vegetal obliga al sistema radicular de la vid, principalmente las raíces finas, a buscar agua en compartimentos del suelo progresivamente más profundos. Esta influencia es más evidente en las dotaciones de riego menores.

Palabras clave: Aragonez; *Vitis vinifera* L.; vertisuelos; riego; *cover crop*; extracción hídrica; rendimiento.

RESUMO

O presente estudo teve como finalidade aumentar o conhecimento acerca da alimentação hídrica da videira em condições pedoclimáticas de disponibilidade de água, determinando o efetivo contributo da rega para a produção e analisando a extração hídrica realizada pela planta na linha e na entrelinha, sob diferentes dotações de rega e condições de cobertura do solo. Analisaram-se dados recolhidos durante dois anos, numa vinha (*Vitis vinifera* L.) da casta Aragonez situada no Baixo Alentejo, Sul de Portugal, uma região com clima do tipo mediterrânico. A vinha, com um compasso de 2,8 m x 1,0 m, está instalada em vertissolos e é regada por gota-a-gota. O seu sistema radicular atinge cerca de 3,00 m de profundidade. Na parcela em estudo, com uma área total de 4 ha, introduziu-se uma área com enrelvamento na entrelinha mantendo-se vegetação espontânea na restante área. As modalidades de rega ensaiadas foram: 50 mm (ultra-deficitária); 100 mm (deficitária); 150 mm (conforto hídrico); 200 mm (máximo conforto hídrico); sequeiro. Os componentes quantitativos da produção influenciados pela rega em ambos os anos de ensaio foram o peso da lenha de poda, a produção/ha, o peso por cacho. No caso dos componentes qualitativos foram poucos e discordantes os parâmetros que apresentaram diferenças significativas. A contribuição da rega para a produção depende da distribuição intra-anual das chuvas e da sua efectividade no humedecimento do volume potencial do *pedon* que contribui para a alimentação hídrica da videira. Em datas posteriores à do início da rega, na linha de plantação, o consumo de água na entrelinha mantém-se. A extração hídrica da videira ocorre até profundidades 7,5 vezes superiores à do sistema radicular do *cover crop* (aproximadamente 40 cm, com a maior densidade de raízes até 20 cm). Ao longo do tempo, a presença do cultivo de cobertura obriga o sistema radicular da videira, nomeadamente as suas raízes finas, a procurar água em compartimentos do solo progressivamente mais profundos. Esta tendência é mais evidente nas dotações de rega menores.

Palavras-chave: Aragonez; *Vitis vinifera* L.; vertissolos; rega; *cover crop*; extração hídrica; rendimento.

ABSTRACT

This study aimed to increase knowledge about the water consumption of vine in pedoclimatic conditions of water availability, determining the effective contribution of irrigation on production and analyzing the water uptake performed by the plant, both in row and inter row under different water irrigation supplies and soil coverage conditions. Data collected during two years in Aragonez grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Aragonez syn. Tempranillo) were analyzed. The vineyard is located in Baixo Alentejo, southern Portugal, a region with a Mediterranean-type climate. Vines were installed on vertisols, under drip irrigation and spaced 1,0 m within and 2,8 m between rows. The root system reaches about 3,00 m deep. In the 4 ha area under study, plots with cover crops between rows were introduced, maintaining natural vegetation in the remaining area. The irrigation treatments were: 50 mm (ultra-deficit), 100 mm (deficit), 150 mm (comfort), 200 mm (maximum comfort); unirrigated. The quantitative components of production influenced by irrigation in both years were: pruning weight, production / ha, cluster weight. Qualitative parameters that showed significant differences were few and discordant. Irrigation contribution to production depends on the intra-annual distribution of rainfall and its effectiveness in wetting the potential volume of the *pedon* that contributes to vine's water uptake. Vines didn't suspended water uptake in inter row after the beginning of irrigation. Vine's water uptake occurs to depths greater than 7,5 times the cover crop root depth (about 40 cm, with the highest density of roots up to 20 cm). Over time, the presence of a vegetative cover forces the vine's root system, mainly its thin roots, to seek for water in progressively deeper soil compartments. This trend is most evident in the minor irrigation treatments.

Key words: Aragonez; *Vitis vinifera* L.; vertisols; irrigation; cover crop; water uptake; yield.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A água é um recurso limitado nas regiões mediterrânicas. A precipitação é frequentemente escassa e irregularmente distribuída, tanto inter como intra-anualmente, e os modelos de alterações climáticas predizem condições gradualmente mais áridas no futuro próximo.

A inovação e a diversificação, apoiadas na investigação dos fatores que determinam as características do produto final, num contexto de incertezas criadas pelos efeitos das alterações climáticas, são essenciais para manter ou melhorar a competitividade do sector vitivinícola.

O aumento da eficiência no uso da água é uma questão chave para os programas de investigação actuais. É também, actualmente, uma política prioritária para a Organização das Nações Unidas, designada como *Revolução Azul* que pressupõe *mais produção por cada gota de água*.¹

Nas regiões onde a água é frequentemente um recurso insuficiente, é esta e não o solo, o recurso mais limitativo para a produção agrícola. Nestas regiões, a sustentabilidade do uso da água requer a aplicação de investigação inovadora e transferência de conhecimentos e tecnologia para os empresários agrícolas.

A produção vitivinícola com recurso a regadio é relativamente recente na nossa região, pelo que o estudo das questões relacionadas com o uso sustentável da água continua atual e com interesse.

Em aproximadamente dois terços das regiões vitícolas mundiais, a precipitação anual é inferior a 700 mm. Conjuntamente, uma grande proporção das vinhas nestas zonas está localizada nas regiões do mediterrâneo, sujeitas a um clima subtropical seco, onde prevalece uma estação seca e de temperaturas elevadas coincidente com a maior parte do ciclo anual de desenvolvimento da videira.

¹ Tradução da expressão *more crop for drop*.

Como resultado das suas características fisiológicas e adaptativas, a produção nas vinhas é muito afectada pelas disponibilidades hídricas no solo. Nas regiões com seca estival frequente, a rega é um instrumento de gestão relevante para melhorar e regularizar a capacidade produtiva, nas suas vertentes de rendimento e de qualidade (Oliveira, 1995; Barroso, 2002; Esteban *et al.*, 2002; Goodwin, 2002; Cifre *et al.*, 2005; Keller, 2005; Martínez-Cutillas *et al.*, 2007; Ojeda, 2007a; Williams *et al.*, 2010).

No entanto, a videira é uma planta tipicamente mediterrânica, tolerante à falta de água. A plasticidade e a morfologia do seu sistema radicular permitem a exploração do solo e das camadas geológicas fendidas até grande profundidade, tanto na linha como na entrelinha (Pacheco, 1989).

A recente generalização da rega nas vinhas em países mediterrânicos como Espanha e Portugal é motivo de alguma polémica, principalmente porque se mantém a discussão acerca das relações entre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade da produção obtida. Isto, apesar dos vários estudos acerca deste tema (alguns exemplos são: Reynolds & Naylor, 1994; Ojeda *et al.*, 2002; De la Hera-Orts *et al.*, 2004; Montoro *et al.*, 2005; Poni *et al.*, 2009; Acevedo-Opazo *et al.*, 2011).

Porém, parecem não restar dúvidas de que a rega contribui para a obtenção de produções superiores, desde que se adote um adequado calendário de regas e se apliquem quantidades apropriadas de água. Para tal, é necessário conhecer a casta e as condições ambientais, e, por outro lado, recorrer a práticas culturais ajustadas.

Evitar que um excesso de água afecte negativamente a qualidade do vinho produzido implica uma atenção particular no controlo da disponibilidade de água para a planta ao longo de determinadas fases do seu ciclo de crescimento.

Assim, a dúvida reside em comprovar se a introdução de rega é sempre necessária, independentemente do tipo de solos em que a vinha se desenvolve. Para tal, é necessário aumentar o conhecimento acerca dos mecanismos biofísicos que controlam o uso da água pela planta, de forma a garantir práticas de regadio sustentáveis neste cultivo.

Nesta Tese pretende-se demonstrar que, da mesma forma que regar nas primeiras fases do ciclo da videira pode induzir uma exagerada expansão vegetativa, conduzindo a uma produção de qualidade insuficiente, também é de esperar esta resposta produtiva quando a planta está implantada em solos profundos com elevada disponibilidade de água para além do período pós-floração, como é o caso dos vertissolos.

Igualmente, procura-se evidenciar que em condições pedoclimáticas de elevada disponibilidade de água, próprias de solos profundos de textura fina, a utilização de cultivos de cobertura na entrelinha é um instrumento para gerar stress hídrico, de forma a travar o consumo hídrico e o crescimento vegetativo exagerado da videira.

Para dar resposta a estas questões, efectuou-se a análise dos dados de consumo hídrico de uma vinha regada por gota a gota, instalada em vertissolos, com e sem cultivo de cobertura semeado na entrelinha. Compararam-se as respostas em sequeiro e em diferentes modalidades de rega: ultra-deficitária, deficitária, de conforto hídrico e de máximo conforto hídrico. Mais concretamente, estudaram-se os efeitos da rega na eco-fisiologia da planta, no vigor, no rendimento e na qualidade da produção.

O trabalho consistiu também no estudo dos dados de extração hídrica nas zonas da linha e da entrelinha, de modo a compreender a dinâmica de consumo de água pela vinha e pelo cultivo de cobertura, em solos profundos com elevada capacidade de armazenamento de humidade, analisando qual a efetiva influência da presença de cultivos herbáceos de cobertura na alimentação hídrica da videira.

Os dados utilizados foram obtidos por uma equipa constituída por elementos do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa (ISA/UTL), da Estação Vitivinícola Nacional (EVN), da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja (ESA/IPBeja) e do Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR), no âmbito de um projeto português de investigação financiado pelo Eixo Prioritário IV da União Europeia - PEDIZA II (Desenvolvimento Integrado da Zona do Alqueva), na acção: Experimentação e Demonstração de Novas Práticas Culturais Relacionadas com o Regadio. O projeto denominou-se *Rega Deficitária em Vinha – Critérios de Condução da*

Rega Compatíveis com a Qualidade da Produção e desenvolveu-se sob coordenação do Professor Carlos Arruda Pacheco (ISA/UTL).

Em suma, com base nos dados recolhidos, e tendo presente as considerações anteriormente expostas, esta Tese será orientada para responder às seguintes questões:

1. *Quando se deve iniciar a rega e qual a efetiva influência de diferentes dotações de rega nas componentes, quantitativa e qualitativa, da produção?*
2. *O cultivo de cobertura afecta as componentes, quantitativa e qualitativa, da produção?*
3. *Se o solo tem a capacidade de fornecer água suficiente à planta, justifica-se regar?*
4. *Em vinhas implantadas em solos com estas características, a planta suspende o consumo de água na zona de entrelinha após o início da rega?*
5. *O cultivo de cobertura afecta a extração de água para profundidades superiores a 0,5 m?*

O corpo de texto da Tese apresenta seis capítulos e anexos. O sexto capítulo consiste numa lista de referências bibliográficas. Os restantes capítulos estão organizados da seguinte forma:

- No presente, *Introdução e Objetivos*, fez-se uma breve introdução ao tema a desenvolver, bem como referiram-se os objetivos definidos na investigação.
- Do segundo capítulo, *Revisão Bibliográfica*, consta uma revisão detalhada do estado dos conhecimentos sobre os temas apresentados.
- Segue-se um terceiro capítulo de *Materiais e Métodos* utilizados para a obtenção e posterior análise dos dados.
- No quarto capítulo desenvolve-se a *Discussão dos Resultados* obtidos.
- Do quinto capítulo constam as *Conclusões*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La vid (*Vitis vinifera* L.) es considerada una planta de regiones templadas pero con capacidad de adaptación a las más variadas condiciones climáticas. Su cultivo está esparcido por casi todo el Planeta, aunque cerca de 60% de la superficie de viñedo se localiza en Europa (OIV, 2008).

Portugal (tal como España) es actualmente uno de los principales países productores de vino y su historia vitivinícola se remonta a tiempos muy antiguos. A mediados del siglo XIV, ya se exportaba vino portugués para Inglaterra. La primera región demarcada del mundo, la región del Duero, fue creada en 1756 por el Marqués de Pombal.

En la actualidad, la vitivinicultura es uno de los sectores más dinámicos de la agricultura portuguesa y se han realizado grandes inversiones en la actividad vitivinícola, con vista a la obtención de una mejoría de la calidad y al aumento de la competitividad en los mercados internacionales.

Efectivamente, la viña es uno de los más importantes cultivos en este país, ocupando una superficie de 215675 ha, según datos de 2009 (INE, 2011), lo que representa aproximadamente 35% del área ocupada por cultivos perennes. La importancia de este cultivo se refleja tanto económica como socialmente, teniendo un peso significativo en la formación del producto agrícola nacional, y es, directa e indirectamente, responsable de millares de puestos de trabajo.

Las áreas vitivinícolas portuguesas se encuentran distribuidas por varias regiones donde los vinos producidos constituyen diferentes denominaciones de origen (Figura 2.1).

La región de Alentejo, Sur de Portugal, donde se realizó el trabajo que se describe, contribuye con aproximadamente 10% de la superficie dedicada al cultivo de la vid (MADRP, 2009).

En lo que respecta a la vocación de esta región para la producción de vino, indicamos que, en 2008, ésta representó aproximadamente el 24% de la producción portuguesa. Además se destaca el crecimiento en el sector de los vinos de calidad: en 1995 se

produjeron 174205 hl; la producción de estos vinos en 2008 fue de 450704 hl (INE, 2011).

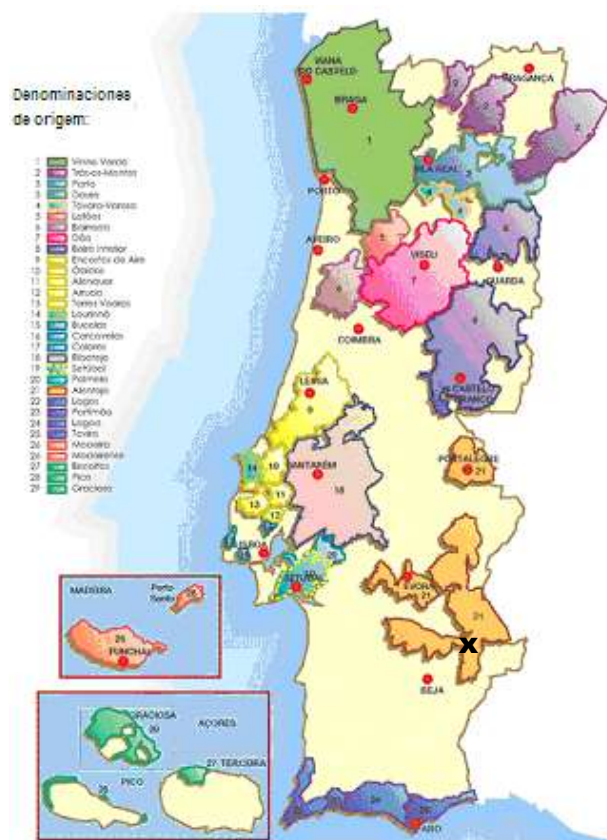


Figura 2.1 – Denominaciones de origen de los vinos en Portugal y localización aproximada (X) de la viña donde se realizó este trabajo (adaptado de MADRP, 2008).

Hacer un buen vino es un largo proceso en el cual intervienen numerosos factores. Algunos son fijos, como es el caso del tipo de variedades disponibles, la orientación del viñedo o el tipo de suelo. Otros factores cambian sin que el hombre tenga cualquier posibilidad de controlarlos. En este caso se incluyen las condiciones meteorológicas a las que anualmente el viñedo es sometido.

La Península Ibérica presenta, en la mayor parte de su territorio (100% del territorio portugués y 63% del territorio español), un clima de tipo mediterráneo. De un modo cualitativo, éste se caracteriza por ser un clima templado, con verano caliente y seco y con las lluvias concentradas en la estación fría (Feio, 1991).

La planta de la vid tiene su periodo de desarrollo vegetativo en primavera y verano, cuando las temperaturas son mayores. Con este periodo de más calor coincide la época de menos lluvia.

De hecho, el clima es un elemento fundamental en la calidad de la uva, a través del comportamiento de sus principales componentes - la radiación solar, la temperatura, la humedad y la precipitación - de tal forma que, en las diferentes regiones productoras de vino, es el principal responsable, junto con el suelo y la planta, de una gran parte de la diversidad de cultivares y de la variabilidad, calidad y tipicidad de los vinos; lo que en enología se define como el *terroir*. (Tonietto & Carbonneau, 2004; Deloire *et al.*, 2005; Ojeda, 2007a).

El sector vitivinícola se enfrenta actualmente, y con más énfasis en el futuro, a cambios en las exigencias de los consumidores. No sólo se espera un producto sensorialmente agradable, sino además saludable y producido de forma ambientalmente sostenible.

De entre los problemas ambientales relacionados con la viticultura, la escasez de agua será probablemente el más grave en Europa y, sobre todo, en los países de las regiones mediterráneas. Adicionalmente, es en estos países donde los consumos de agua por la agricultura son mayores, superando la mitad de los consumos nacionales totales (EEA, 2009).

La agricultura está situada en la interface entre los ecosistemas y la sociedad: es, y estará, afectada por los cambios climáticos pero también contribuye a esos cambios, con alrededor de 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Olesen & Bindi, 2002).

Las predicciones relacionadas con el cambio climático son especialmente graves para la Península Ibérica. El aumento de dióxido de carbono atmosférico podrá originar una drástica disminución del contenido en humedad en los suelos, forzando a los viticultores a depender más del riego. Este escenario torna urgente la adopción estrategias de adaptación, como la introducción de variedades resistentes a la sequía o el suministro de agua de riego (Laget *et al.*, 2008; Flexas *et al.*, 2010, Malheiro *et al.*, 2010).

Malheiro *et al.* (2010), caracterizaron las regiones de Europa con diferente aptitud vitícola basándose en siete índices bioclimáticos y simularon sus posibles cambios. Las alteraciones climáticas previstas por el modelo desarrollado tendrán un efecto significativo en la geografía vitivinícola europea. En el sur de Europa, las repercusiones sobre la viticultura serán muy negativas, principalmente debido a la sequedad y el aumento acumulado de los efectos térmicos durante el período vegetativo.

Un escenario de introducción creciente de agua para riego en las zonas sensibles del sur de Europa, puede presuponer riesgos si las prácticas de manejo del riego no son sostenibles, lo que supone un aumento de la innovación e investigación con vista a la eficiencia en el uso del recurso agua en viticultura.

Una vez que permite manipular una de las variables ambientales – el agua – la tónica en la investigación actual en este campo realza el papel que el riego podrá desempeñar en la capacidad productiva de las viñas de las regiones ibéricas que, en gran parte, se desarrollan en condiciones de escasez de agua (Oliveira, 1995; Barroso, 2002; Esteban *et al.*, 2002; Goodwin, 2002; Cifre *et al.*, 2005; Keller, 2005; Martínez-Cutillas *et al.*, 2007; Ojeda, 2007a).

La respuesta de la vid a las disponibilidades hídricas adquiere mayor relevancia en las plantas productoras de uva para vino donde la composición del fruto es un parámetro de evaluación de la producción tan importante como la productividad.

Como refieren Cifre *et al.* (2005), la reciente generalización del riego en la viña en países con verano seco es objeto de alguna controversia, por los efectos que tiene en el frágil equilibrio entre el rendimiento y la calidad.

Como el riego de la viña es una práctica cultural relativamente reciente en la mayoría de los países europeos, es importante comprender sus efectos en el crecimiento vegetativo, en la producción y también en la calidad de la uva y del vino.

De una forma general, la calidad de las uvas para vino puede ser evaluada en una base amplia, teniendo en cuenta algunos aspectos relacionados no solo con la uva como también con el viñedo, como por ejemplo el equilibrio entre vigor y producción, la

exposición de los racimos a la luz, la incidencia de enfermedades o la relación tamaño/peso de las uvas.

Así lo defiende Ojeda (2007b), refiriendo que existe un cierto número de factores agroclimáticos como la variedad, el clon, el sistema de conducción, la edad de las cepas, el mesoclima de la parcela, las características del suelo, el riego, que determinan la potencialidad cualitativa de un viñedo.

Proponiendo un modelo simple como el representado en la Figura 2.2, se verifica que en una determinada viña, existirá un rendimiento óptimo para el cual la calidad que se obtenga será la máxima posible. Este modelo es válido para cualquier parámetro cualitativo que se considere, tales como la concentración de azúcar, el contenido de polifenoles, el potencial aromático o la sanidad de la uva.

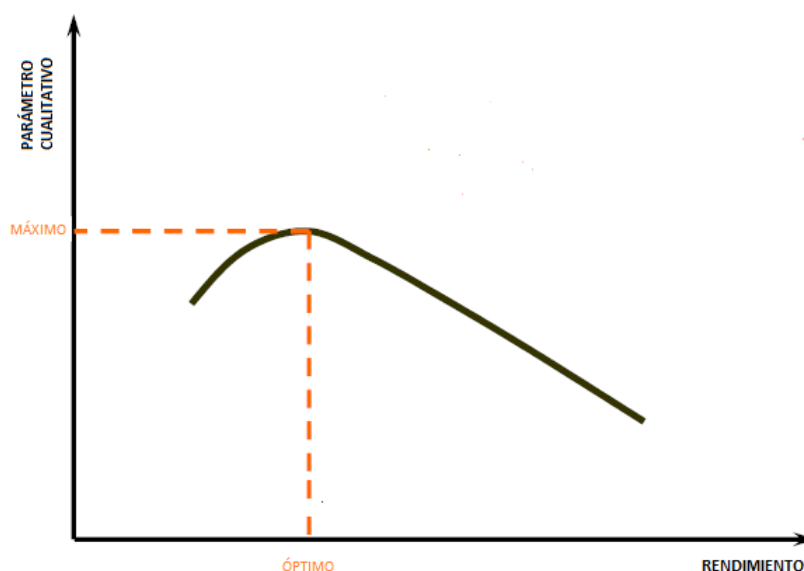


Figura 2.2 – Modelo de variación de la cualidad de las uvas o del vino en función de la variación del rendimiento (adaptado de Ojeda, 2007b).

Según Silvestre (2008), definir la calidad de las uvas de una forma objetiva es una tarea difícil. Para ello es necesario complementar los índices tradicionales (grado probable de alcohol; acidez total, pH) con otras variables como el análisis sensorial de bayas (evaluando en particular las películas y las pepitas), la componente fenólica y la componente aromática.

La producción de alcohol por las levaduras durante la fermentación del vino depende de la cantidad de azúcares acumulados durante la maduración de las uvas.

Como producto secundario del metabolismo de los azúcares por la planta se forman el ácido tartárico y el ácido málico que constituyen cerca del 90% de la concentración de ácidos en las uvas. En la uva también se produce ácido acético, responsable del componente volátil de acidez del vino, pero en cantidades mucho menores. El contenido en ácidos de la uva es máximo en el inicio del envero y a lo largo de la fase de maduración hay una disminución de 1/3 a 1/5, sobre todo a costa del ácido málico.

Existe una relación entre el agua del suelo y la acidez: en suelos húmedos la maduración es retardada y la uva es más rica en ácidos; el stress hídrico favorece el aumento del pH (Afonso, 2009a).

Los compuestos polifenólicos existentes en las uvas y en el vino incluyen varios grupos de sustancias con propiedades físico-químicas y sensoriales diferentes. Se clasifican en no flavonoides y flavonoides. Los primeros incluyen los ácidos fenólicos y los estilbenos, como por ejemplo el resveratrol. Los flavonoides incluyen los flavonoles, los antocianos y los taninos. Estos compuestos tienen gran valor pues están relacionados con la calidad de los vinos. Por ejemplo, los antocianos dan el color en el vino tinto, los taninos son responsables por la astringencia y estructura.

Estos compuestos se localizan en diferentes partes de las bayas. La película contiene flavonoles y antocianos, en el caso de las variedades tintas, y los taninos se encuentran principalmente en las semillas.

A pesar de que las proporciones de estas sustancias en los frutos son dependientes de la composición genética varietal, las condiciones ambientales, bajo las que discurre el desarrollo de las uvas, tienen gran influencia en su cantidad (Ojeda *et al.*, 2002; Cabrita *et al.*, 2003).

Es, por eso, importante evaluar el efecto del riego en la composición fenólica, en particular, en el contenido de polifenoles totales, de antocianos y de taninos. La

biosíntesis y acumulación de estos compuestos en la uva depende principalmente de (Silvestre, 2008):

- ➔ la variedad;
- ➔ la exposición de los racimos a la radiación;
- ➔ la temperatura;
- ➔ el vigor de la viña;
- ➔ el tipo de suelo;
- ➔ el estado nutricional de la viña;
- ➔ la intensidad de stress hídrico.

El dióxido de azufre es otro compuesto que se encuentra en el vino. Este constituye la forma más común de utilización enológica del azufre, siendo adicionado al mosto a cuando del aplastamiento de las uvas. Su principal función es de anti-oxidante (por inhibición de las enzimas oxidasas), pero también posee funciones de desinfectante (bactericida y fungicida), de solvente de compuestos fenólicos, aumentando su extracción, y de mejorador de aroma.

Según Afonso (2009b), entre 1/2 a 2/3 del dióxido de azufre adicionado se combina con otros compuestos y el resto queda en estado libre y activo. La cantidad de dióxido de azufre total depende del pH del vino. Cuanto más bajo sea este último, menos dióxido de azufre total tendrá y más eficaz será el compuesto libre. El mismo autor refiere que una dosis mínima de 10 a 15 mg /litro es necesaria para proteger el mosto de la oxidación.

Oliveira (1995), estudiando los efectos de la disponibilidad de agua en el suelo en las características enológicas de los mostos de la variedad *Touriga Francesa*, en la región demarcada del Duero, comprobó que el aumento de las disponibilidades hídricas tuvo una relación positiva directa con el área foliar, con la producción total por planta, con el peso y volumen de los frutos y con la acidez total. La relación fue negativa con el grado Brix, la intensidad colorante, la tonalidad, el índice de polifenoles totales y el índice de antocianos.

Ojeda *et al.* (2002), ensayaron los efectos de diferentes niveles de restricción hídrica, aplicados en fases diferentes, en el tamaño, el contenido en azúcares y en la composición fenólica de las bayas de la variedad Shiraz. Verificaron la existencia de dos tipos de respuesta al stress hídrico: una indirecta y positiva debida al efecto de la reducción del tamaño de las uvas (efecto de concentración) cuando el stress se hace sentir post-floración y antes de envero, en la fase de división y expansión celular, y una respuesta directa en la biosíntesis fenólica que puede ser negativa o positiva, dependiendo del tipo de compuesto y del periodo en el que se aplica el déficit. Constataron además la existencia de una correlación entre la disminución del contenido de sólidos solubles/baya y la reducción del peso de las bayas resultante del déficit hídrico, no obstante esa correlación no se verificó para la concentración en azúcares, expresada en °Brix.

Es comúnmente aceptado que para la obtención de producciones de calidad en la vid, especialmente en variedades tintas, es necesario que las plantas “sufran” de stress hídrico en algunas fases de su ciclo vegetativo. El objetivo es el de controlar el aparato vegetativo y obtener racimos de calidad (Payan & Salançon, 2004; Martínez-Cutillas *et al.*, 2007; Ojeda, 2007a). Sin embargo, Girona *et al.* (2009) consideran que la selección del estado fenológico en el que se debe desarrollar un dado nivel de stress es todavía una cuestión en discusión.

Según Wample (2002), el uso fraccional de agua durante los principales estados fenológicos de la vid aumenta hasta un valor máximo poco después del envero, distribuyéndose como se observa en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 – Uso de agua por la vid de acuerdo con la fase del ciclo de desarrollo (Wample, 2002).

Fase del ciclo	Fracción de uso anual de agua
Brote – Floración	< 5%
Floración – Cuajado	15%
Cuajado – Envero	60%
Envero – Maduración	20%
Maduración – Caída de hojas	3 – 5%

El stress hídrico es una reacción fisiológica de la vid a un suministro insuficiente de agua. De acuerdo con Goodwin (2002), algunas de las respuestas de la vid al stress hídrico son:

- ➔ reducción de la división celular;
- ➔ pérdida de expansión celular;
- ➔ cierre de los estomas;
- ➔ reducción de la fotosíntesis;
- ➔ desecación y muerte celular (en los peores casos).

La Figura 2.3 ilustra los efectos de la carencia hídrica sobre el potencial de maduración de las uvas.

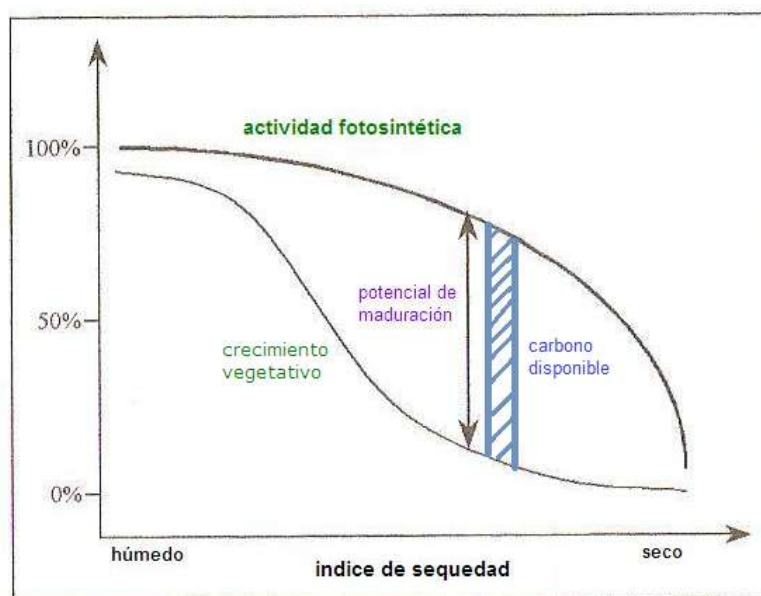


Figura 2.3 – Evolución comparada de la fotosíntesis, del crecimiento vegetativo y del potencial de maduración sometidos a un índice de sequedad creciente (adaptado de Carbonneau, 2004).

Con el aumento de la sequedad, se observa una inhibición más importante sobre el crecimiento vegetativo que sobre la fotosíntesis.

En ausencia de carencia hídrica, la fotosíntesis tiene su máximo y el crecimiento vegetativo es elevado. La casi totalidad de los azúcares sintetizados por las hojas es utilizada en el crecimiento de las ramas. Por el contrario, cuando el stress hídrico es intenso, todas las actividades vegetativas se paran y la planta no puede continuar

asegurando la maduración de sus frutos, sino solamente su manutención (Payan & Salançon, 2004).

La evaluación del stress hídrico permite la percepción del estado de equilibrio del balance de carbono, dependiente de la intensidad de la fotosíntesis. Cuando ésta es elevada, y las limitaciones hídricas son moderadas, se verifica la reducción del vigor de la planta. En esta situación, el carbono disponible es encaminado para otras utilidades que no el crecimiento vegetativo, como, por ejemplo, la maduración de las uvas. Como refiere Carbonneau (2004), una carencia hídrica moderada optimiza la maduración y una carencia reducida torna perceptible el nivel a partir del cual ésta pasa a ser el factor limitante del desarrollo vegetativo.

Una cantidad ilimitada de agua del suelo disponible estimula el vigor, originando una masa vegetativa densa, induciendo excesivo sombreado de las uvas, lo que retrasa su maduración, además de competir por asimilados con las uvas. En contrapartida, con un stress hídrico más severo, el crecimiento puede parar, dependiendo del momento en que ocurre (Keller, 2005; Pellegrino *et al.*, 2006).

La situación óptima es, según Payan & Salançon (2004) y Ojeda (2007a), una coyuntura intermedia para la cual la carencia moderada permite frenar el crecimiento vegetativo, asegurando siempre el funcionamiento fotosintético que garantice la maduración máxima de los frutos.

La arquitectura de la vegetación (superficie foliar y disposición de las hojas) por su influencia en el estado hídrico de la viña, determina la capacidad de la viña de transpirar y de regular su consumo de agua a lo largo de la estación. En función de la superficie foliar y de la exposición del follaje, la viña transpira a diferentes tasas (Ferrer *et al.*, 2008).

Uno de los indicadores utilizados en estudios de eco-fisiología para cuantificar la expresión vegetativa de las plantas es la superficie foliar. Este parámetro proporciona una forma de medir las respuestas de la vid a los factores ambientales y, al mismo tiempo, permite el cálculo de otros índices como por ejemplo: el índice de área foliar

(más conocido como *LAI*, del inglés *Leaf Area Index*) o la razón entre el área foliar y la producción (Lopes *et al.*, 2004).

La estimación de la superficie foliar puede ser efectuada con base en métodos destructivos y no destructivos. En estos últimos se incluyen métodos directos basados en relaciones empíricas entre el área foliar y mediciones lineares realizadas en los sarmientos. Es el caso de la metodología propuesta por Lopes & Pinto (2000, citado en Rodrigues, 2009) que presenta un modelo empírico para la determinación del área foliar principal y secundaria de un sarmiento.

Para evaluar el equilibrio entre la vegetación y la producción de una viña también se utiliza el índice de Ravaz, *IR*, que consiste en el cociente entre la producción y el peso de la madera de poda de una cepa. En principio, un riego deficitario, al favorecer el rendimiento, controlando el desarrollo, favorece la relación entre peso de cosecha y peso de la madera de poda, lo que se traduce en un aumento de este índice.

Smart & Robinson (1991, citados en Sobral da Silva, 2009) refieren un intervalo de valores óptimos para el índice de Ravaz de 5 a 10. Ferrer *et al.* (2008) indican que este debe variar entre 7 y 10 para plantas en equilibrio productivo.

Los impactos de las carencias hídricas en la producción de la viña dependen de la fase del ciclo vegetativo, así como la biosíntesis de los compuestos de la uva responsables de la calidad del vino ocurre en fases diferentes del desarrollo de los frutos (Tabla 2.2).

La oportunidad para aplicar stress hídrico es difícil de definir. El desarrollo de un déficit hídrico en la planta depende no sólo de la fracción de consumo de agua aportada sino también de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, del clima, de la planta y de las condiciones de crecimiento de la vid (Reynolds & Naylor, 1994, citados en Girona *et al.*, 2006). La evaluación de esta oportunidad podrá ser realizada mediante la utilización de información sobre el estado hídrico del suelo pero también de información detallada acerca del estado hídrico de la planta.

Tabla 2.2 – Biosíntesis de algunos compuestos y impactos de las carencias hídricas en distintas fases del ciclo de crecimiento de la vid, según Ojeda *et al.* (2002) Keller (2005) y Silvestre (2008).

Fase del ciclo vegetativo*	Biosíntesis de algunos componentes de la uva	Efecto de la carencia hídrica en la planta
 <p>Brote → Floración</p>		<p>Sin consecuencias cuando ocurre temprano, después del brote. Las yemas florales tienen capacidad para competir, con éxito, con el crecimiento de los pámpanos por una cantidad de agua limitada.</p>
 <p>Floración → Cuajado</p>	<p>Inicio de la síntesis de ácido tartárico y de ácido málico. La concentración de ácido tartárico se estabiliza después del cuaje. El ácido málico tiene su máxima concentración antes del envero.</p>	<p>Cuanto más próximo a la floración, más susceptibles son las inflorescencias. Carencias hídricas, aunque moderadas, durante este periodo pueden reducir el cuajado de los frutos o producir pérdida de racimos.</p>
 <p>Cuajado → Envero</p>	<p>La síntesis de taninos ocurre sobretodo antes del envero. Hay una acumulación de taninos durante la fase pre-envero, cuando la síntesis de antocianos todavía no ha empezado. La concentración de taninos se estabiliza a partir de envero.</p>	<p>Se mantienen los procesos de crecimiento y maduración de las uvas con costos para el desarrollo foliar, el crecimiento radicular y la reposición de reservas.</p> <p>Si ocurre durante la fase de división celular en el seno de las uvas también puede originar reducción de su tamaño.</p> <p>Un stress hídrico, aunque moderado, afecta la síntesis de taninos.</p>
 <p>Envero → Maduración</p>	<p>La acumulación de antocianos en las pieles empieza en el envero y alcanza el máximo próximo a la maduración, disminuyendo inmediatamente antes y durante la maduración.</p>	<p>Aumento de la relación piel/pulpa, por lo que aumenta la concentración de antocianos y de flavonoles.</p> <p>Las uvas se vuelven progresivamente más insensibles a las carencias de agua.</p> <p>No obstante, un stress hídrico drástico puede paralizar la maduración y ocasionar la ruptura de la síntesis de antocianos.</p>

* Se consideran los estados fenológicos de la vid según Baggiolini (Anexo I).

Existe un número relevante de estudios acerca de parámetros fisiológicos de la vid que reflejan indirectamente su estado hídrico y que, por eso, son indicadores útiles en la definición de estrategias de riego de precisión. De entre las publicaciones más recientes, se destacan, por ejemplo, las de Willians & Araujo (2002), Cifre *et al.* (2005), Patakas *et al.* (2005), Girona *et al.* (2006), Grant *et al.* (2007), Intrigloio & Castel (2007), Ojeda (2007a), Poni *et al.* (2009), Zerihun *et al.* (2010), Acevedo-Opazo *et al.* (2010) o Taylor *et al.* (2010). En éstas, se describen estudios que incluyen mediciones de parámetros fisiológicos como el flujo de savia, la variación del diámetro del tronco, el potencial hídrico de las hojas y de las ramas, la tasa de fotosíntesis neta, la conductancia estomática o la temperatura de las hojas.

La medición del flujo de savia se utiliza para determinar la tasa de transpiración de las plantas de forma continua. Esta medición se realiza utilizando el método de disipación de calor, conocido como método de Granier (1985, citado en Patakas *et al.*, 2005; 1987). Este método se basa en una ecuación empírica que relaciona la densidad del flujo de savia con el enfriamiento de un sensor calentado, insertado radialmente en el xilema (sonda superior), con un sensor a montante como referencia (sonda inferior). La sonda superior es calentada a potencia constante, siendo registrada en continuo la diferencia de temperatura entre las dos sondas (Ferreira & Silvestre, 2004).

La densidad de flujo, J ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), que se considera equivalente a la transpiración de la planta, es obtenida por la siguiente relación:

$$J = a \cdot K^b$$

donde:

a, b - son parámetros empíricos;

K - es el índice de flujo, dado por $K = \frac{(\Delta T_{\text{máx}} - \Delta T)}{\Delta T}$,

ΔT - es la diferencia de temperatura entre los dos niveles de inserción de las sondas;

$\Delta T_{\text{máx}}$ - es la misma diferencia, pero en condiciones de flujo nulo.

Según Patakas *et al.* (2005), mediciones de flujo de savia pueden constituir un indicador apropiado para evaluar los límites de estado hídrico de la vid, por debajo de los cuales el proceso fotosintético se interrumpe, en conjunto con mediciones de otros parámetros fisiológicos, como el potencial hídrico de las hojas y de las ramas, la conductancia

estomática y la tasa de fotosíntesis. En su estudio con vides de la variedad *Malagouzia*, sometidas a diferentes niveles de stress hídrico, verificaron que las tasas máximas de flujo de savia se registraron de madrugada, en todos los tratamientos de riego, decreciendo con el aumento de stress hídrico, lo que sugiere la posibilidad de definir un valor crítico de densidad de flujo que puede ser usado como un signo adecuado y simple para la gestión en tiempo real del riego en las viñas.

Las mediciones de diámetro del tronco se realizan con transductores lineares de desplazamiento, LTD (del inglés *Linear Transducers of Displacement*) introducidos por Garnier & Berger (1986, citados en Cifre *et al.*, 2005), más conocidos como dendrómetros, que consisten en micrómetros de precisión que se ajustan a los árboles mediante una cinta de metal que está permanentemente ajustada, registrando continuamente los incrementos radiales del tronco.

El diámetro del tronco aumenta durante la noche y disminuye durante el día, reflejando la variación de turgencia celular resultante de la diferencia de contenido en agua de las células, por efecto de los flujos de transpiración. Este ciclo diurno de variación puede confundirse con el propio crecimiento de la planta, por lo que para evaluar su estado hídrico es necesario un registro continuo que sigue la tendencia de variación a largo plazo de puntos seleccionados del ciclo diurno. Esta tendencia será el resultado del momento fenológico, de las condiciones ambientales, de la humedad del suelo y de las acciones culturales que se lleven a cabo sobre el cultivo.

Estudios recientes del estado hídrico de la vid donde se recurre a este parámetro incluyeron la estimación de los siguientes índices: diámetro máximo diario, *MXTD* (*Maximum Trunk Diameter*); contracción máxima diaria, *MDS* (*Maximum Daily Shrinkage*), obtenida por la diferencia entre el diámetro máximo diario a las primeras horas de la mañana y el mínimo diámetro del tronco por la tarde; razón de crecimiento del tronco, *TGR* (*Trunk Growth Rate*), calculada por el cociente entre el diámetro máximo diario de dos o más días consecutivos y la contracción máxima diaria.

Montoro *et al.* (2005) utilizaron los dos primeros índices referidos para comparar diferentes tratamientos hídricos en tres variedades de uva para vino: *Cencibel*, *Macabeo* y *Cabernet Sauvignon*. Verificaron que las diferencias obtenidas para el índice *MXTD*

entre tratamientos de riego y entre variedades, antes del envero, fueron significativas. Sin embargo, el *MDS* mostró sólo ser un buen índice para detectar diferencias entre variedades, por lo que concluyeron que el efecto variedad puede enmascarar el efecto de los tratamientos de riego, en el caso de la amplitud de las fluctuaciones diarias de tronco.

Intrioglio & Castel (2007) cuestionan la capacidad de los índices *MDS* y *TGR* para detectar stress hídrico en vides. Con el objetivo de estudiar el estado hídrico de viñas de la variedad *Tempranillo*² con recurso a parámetros que pudieran ser fácilmente automatizados, comprobaron que la relación entre los índices referidos y el estado hídrico de la planta dependía fuertemente del estado fenológico. De hecho, estos índices solo se mostraron adecuados durante un período corto de tiempo, antes del envero. En las fases post-envero, cuando el control del estado hídrico de la planta es posible que sea más importante para la obtención de producciones de calidad, ningún de los índices mostro ser apropiado.

Desde el suelo, por la raíz, las ramas y las hojas, hasta la atmósfera, se establece un trayecto continuo de agua debido a un gradiente de energía o potencial hídrico originado por la transpiración.

El potencial hídrico de la hoja tendrá valores diferentes en función del momento en el que se verifica su medición (Figura 2.4). Al valor medido de madrugada, se llama potencial hídrico de base (Ψ_b). Es el valor menos negativo, correspondiente a una situación de relativo equilibrio hídrico entre la planta y el suelo, funcionando como un bueno indicador de lo que pasa a nivel de las raíces más activas. Cuando la medición se efectúa al medio-día solar, se denomina potencial hídrico mínimo (Ψ_{min}). Este es más susceptible a las condiciones ambientales, exposición solar, posición y edad de la hoja.

Para la medición del potencial del ramo (Ψ_r), las hojas son envueltas con una película de aluminio durante una a dos horas antes de efectuar la medición, con el objetivo de parar

² Las designaciones castellanas *Tempranillo* y *Cencibel*, así como las designaciones portuguesas *Aragonez* y *Tinta-Roriz*, dicen todas respecto a la misma variedad tinta que asumió diferentes nombres en diferentes localizaciones geográficas en la Península Ibérica. Con todo, se optó por mantener las designaciones utilizadas en la bibliografía consultada.

la transpiración, de lo que resultará un equilibrio entre los potenciales hídricos de la hoja y del ramo donde está insertada. Tiene la ventaja de reducir la variabilidad resultante de diferencias de exposición solar o de edad de las hojas y, en principio, representará un indicador de estado hídrico más global, y no solo de una única hoja.

Dado que, por un lado, es más cómodo medir el Ψ_r y, por otro, es posible establecer, para un determinado terroir, una relación entre Ψ_b y Ψ_r , este último es el más utilizado para la gestión del riego.

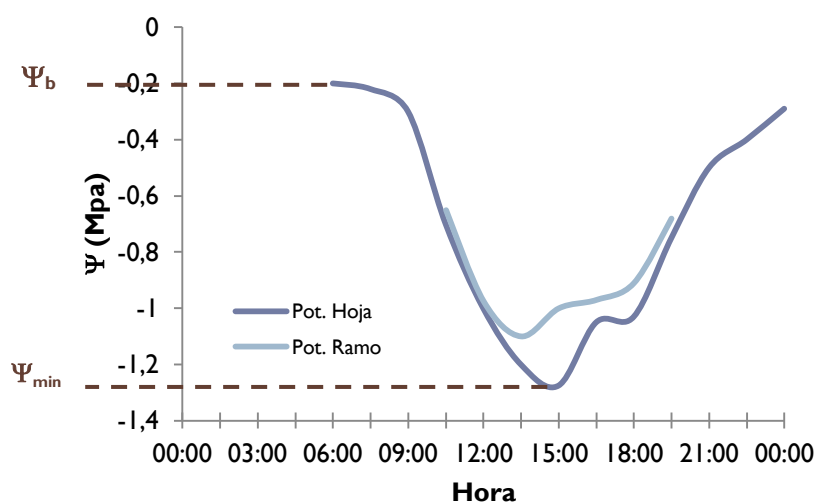


Figura 2.4 – Ejemplo de evolución diaria de los potenciales de la hoja y del ramo (adaptado de Silvestre *et al.*, 2006).

Willians & Araujo (2002), compararon la efectividad de estos tres indicadores en las variedades *Chardonay* y *Cabernet Sauvignon*, regadas con diferentes fracciones de la evapotranspiración cultural (ET_c) estimada, más concretamente, entre 0 y 1,5 veces la estimativa de ET_c . Según los resultados obtenidos, los tres indicadores se mostraron igualmente viables para evaluar el estado hídrico de la vid, correlacionándose de forma similar con la cantidad de agua almacenada en el suelo y con los cambios gaseosos de las hojas (tasa de asimilación de CO_2 y conductancia estomática).

Otros autores (Patakas *et al.*, 2005; Silvestre *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2010) consideran que, por su menor susceptibilidad a las condiciones ambientales y por la situación de equilibrio con el estado del suelo que representa, el potencial de base de la hoja es el que más correctamente refleja el estado hídrico de la planta. Conjuntamente, para el

potencial hídrico de base, existen valores referencia en la literatura que se aplican al manejo del riego en la viña a lo largo de su ciclo de desarrollo. Carbonneau (2004) refiere los valores que se observan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 – Relación entre el potencial hídrico de base y el estado hídrico de la vid (Carbonneau, 2004)

Potencial hídrico foliar de base (MPa)	Estado hídrico de la vid
$0,0 > \psi_b > -0,3$	Ausencia de carencia hídrica
$-0,3 > \psi_b > -0,6$	Carencia hídrica moderada
$-0,6 > \psi_b > -1,0$ a $-1,6$	Carencia hídrica fuerte a muy fuerte

Ojeda (2007a), relaciona los estados hídricos óptimos para la vid en diferentes fases de su ciclo vegetativo con el potencial hídrico de base, estableciendo un itinerario hídrico de referencia a partir de la gama de efectos del stress hídrico sobre el crecimiento, desarrollo y fisiología de la vid, en función del estado fenológico en que ocurre, como se puede observar de forma más pormenorizada en la Figura 2.5.

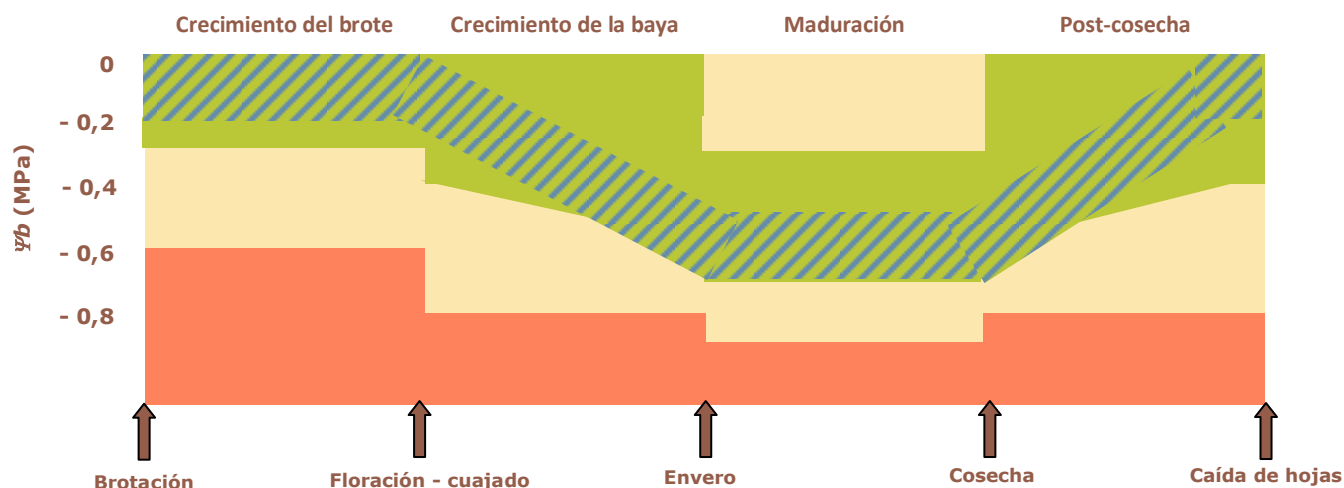


Figura 2.5 – Estados hídricos óptimos (verde), desfavorables (amarillo) y perjudiciales (naranja) en función del periodo vegetativo de la vid, y valores de potencial foliar de base (ψ_b), en MPa. El subrayado indica la zona óptima para vinos tintos (adaptado de Ojeda, 2007a).

En un estudio a cerca de la sensibilidad fenológica al stress hídrico de las uvas de la variedad *Tempranillo*, Girona *et al.* (2009) verificaron que su crecimiento y calidad se muestran muy dependientes de la fase en la cual el stress es aplicado. Obtuvieron

respuestas negativas cuando el stress era aplicado antes de envero, mientras la calidad era incrementada cuando el stress hídrico se hacía sentir post-envero. Sin embargo, los efectos positivos dejaban de existir cuando el potencial mínimo de la hoja alcanzaba el valor límite de -1,2 MPa.

Una vez que el potencial de base refleja simultáneamente el estado energético del agua en la planta y en la rizosfera, está asociado al agua disponible en el suelo. La relación entre estos dos parámetros es más fuerte cuando se establece a través de sus curvas de variación temporal. El valor de potencial de base corresponde aproximadamente al potencial del espesor de suelo en la frente de desecamiento, o sea, de la rizosfera con el potencial matricial más alto (Pacheco, 1989).

Para conocer los intercambios gaseosos en las hojas se pueden obtener mediciones *in situ* de la conductancia estomática, la tasa neta de fotosíntesis o la tasa de transpiración.

El cierre de estomas está entre los principales procesos desencadenados como respuesta a una situación de sequía. La regulación de la conductancia estomática depende de la síntesis de ácido abscísico, más conocido por su sigla, ABA. La síntesis de ABA en las raíces de la vid y su consecuente presencia en las hojas es una respuesta al déficit hídrico en el suelo. La presencia del ABA funciona como la primera señal que emite la planta para defenderse de la pérdida de agua cuando su nivel en el suelo se sitúa por debajo de un determinado umbral. De este modo, la conductancia estomática puede proporcionar una medida del nivel de stress hídrico experimentado por las plantas (Correia et al., 1995; Chaves *et al.*, 2002; Medrano *et al.*, 2002; Cifre *et al.*, 2005; Girona, 2005).

Valores menores de conductancia estomática están relacionados con menores potenciales hídricos en las hojas y/o menores contenidos en agua del suelo, es decir, con condiciones de mayor déficit hídrico. Esta relación será más pronunciada cuanto menos aniso-hídrico sea el comportamiento del genotipo. En estas condiciones, este será un parámetro fiable para predecir el grado de stress hídrico a que está sometida la vid (Medrano *et al.*, 2002; Cifre *et al.*, 2005; Zsófi *et al.*, 2009).

De la Hera-Orts *et al.* (2004) observaron menor desarrollo de la masa foliar y bajo peso de poda de vides no regadas y consecuentes decrecimiento de la conductancia estomática y reducción de la fotosíntesis neta. Zerihun *et al.* (2010) verificaron resultados semejantes en plantas que presentaban diferente expresión vegetativa y comprobaron que el vigor de las vides afecta los intercambios gaseosos de las hojas.

Pellegrino *et al.* (2006) propusieron una herramienta de cálculo de un indicador basado en relaciones cuantitativas entre la variable fracción del agua del suelo transpirable (*FTSW*, del inglés *Fraction of Transpirable Soil Water*) y la tasa máxima de fotosíntesis neta (An_{max} , del inglés *maximal net Assimilation*), verificada en condiciones óptimas de luz y temperatura. Según estos investigadores, el indicador propuesto disminuiría la necesidad de mediciones numerosas de indicadores del estado hídrico del suelo o de la planta y proporcionaría un método de diagnóstico de los efectos del stress hídrico en el rendimiento y calidad de la uva.

Cuando los estomas cierran como reacción al stress hídrico, la temperatura de las hojas aumenta. De este modo, la temperatura de las hojas o de la cubierta puede ser usada como un indicador del stress hídrico de la planta. La evaluación de imágenes generadas por termografía fue la técnica empleada por Grant *et al.* (2007), en substitución de los métodos clásicos de registro de la conductancia estomática (porómetros o analizadores de gas por infrarrojos) para distinguir vides en situación de stress o de confort hídrico.

A partir de la medición de los cambios gaseosos en los estomas, es posible obtener la eficiencia de utilización del agua (*WUE*, del inglés *Water Use Efficiency*). Cuando su valor es calculado a través de la razón entre la tasa neta de asimilación de CO_2 (A) y la conductancia estomática (g_s), tenemos la eficiencia intrínseca de uso del agua, $WUE_i = A/g_s$. La relación entre A y la tasa de transpiración (E), se designa eficiencia instantánea de uso del agua, $WUE_{inst} = A/E$. La primera, predominantemente utilizada para estudios acerca de los efectos del stress hídrico en las vides, excluye los efectos de la variación diurna de la demanda evaporativa de la atmosfera en el flujo de salida de agua de la hoja. (Schultz & Stoll, 2010).

Cifre *et al.* (2005) proponen, basándose en la información bibliográfica disponible, una correlación entre valores de conductancia estomática y diferentes niveles de stress hídrico (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 – Relación entre los valores de intercambios gaseosos en las hojas, el stress hídrico y la eficiencia de uso del agua (Cifre *et al.*, 2005)

Conductancia estomática ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Nivel de stress hídrico
$0,5-0,7 > g_s > 0,15$	Ligero
$0,15 > g_s > 0,05$	Moderado
$g_s < 0,05$	Severo

En zonas con escasa pluviometría, el conocimiento del estado hídrico, del suelo como de la planta, y del efecto del stress en las varias fases del ciclo de las vides, es la base de una técnica de conducción del riego actualmente muy difundida, el riego deficitario controlado, más conocida por su sigla, RDI (del inglés *Regulated Deficit Irrigation*). En concreto, se favorece la ocurrencia de períodos de stress después de la formación de las uvas y después del envero. El primero tiene como objetivo controlar la división y crecida celular, promoviendo uvas más pequeñas, racimos menos compactos y una mayor razón piel/pulpa. Con el segundo se pretende aumentar la concentración de antocianos.

De este modo, se intenta mejorar el uso eficiente del agua, manteniendo el stress hídrico dentro de límites definidos de modo que las reacciones fisiológicas de la vid puedan proporcionar beneficios al vitivinicultor.

Sin embargo, la efectividad de estos criterios es incierta porque el desarrollo de stress hídrico en la planta depende no sólo de la fracción de consumo hídrico suministrada por el suelo, sino también de su capacidad de almacenamiento de agua, de las condiciones climáticas o del propio material vegetal (Girona *et al.*, 2005; Reynolds & Naylor, 1994, citados en Girona *et al.*, 2006).

El uso de esta estrategia en condiciones meteorológicas variables anualmente impone un conocimiento adecuado del suelo y de la planta. En concreto, se deben conocer las características de almacenamiento de agua del suelo y el desarrollo del sistema radicular.

Los mayores condicionantes al éxito de este tipo de manejo del riego surgen en regiones donde las últimas lluvias de primavera mantienen los suelos humedecidos en el periodo de floración y cuando estos presentan propiedades físicas y químicas que ocasionan elevada retención de humedad así como una desecación retardada (Barroso, 2002; Wample, 2002; CRCV, 2005; Lopes *et al.*, 2011).

Es, por lo tanto, necesario que su aplicación sea subordinada a las condiciones edafoclimáticas del medio.

Barroso (2002), refiriéndose a la región vitivinícola de Alentejo, defiende que las características climáticas de esta región no permiten la utilización de criterios en curso o estudiados en otras regiones. Por un lado, las disponibilidades hídricas no son suficientes para aseguraren una correcta alimentación hídrica de los viñedos, como ocurre en las regiones vitivinícolas del Norte de Europa. Por otro lado, también la escasez de agua no se puede comparar con la que se encuentra en algunas regiones de Australia, Argentina o Israel, donde toda la gestión de la utilización del agua por la planta es realizada por la conducción del riego.

Aunque el riego sea aceptado como una herramienta para aumentar y regularizar la producción, hay algunas incertidumbres cuanto a su efecto positivo o negativo en la calidad del mosto y del vino producidos que son descritas por algunos autores (Ballatore *et al.*, 1970, y Van Zyl, 1984, citados en Esteban *et al.*, 2002; Barroso, 2002; Wample, 2002; Cifre *et al.*, 2005). El modo característico como el uso del agua por la vid afecta el rendimiento y la calidad de la producción de vino, como se describió anteriormente, determina que se cuestione cual es la mejor estrategia de manejo del viñedo, con vista a la obtención de producciones de calidad.

Wample (2002), relatando los resultados obtenidos en un ensayo de diferentes estrategias de riego, cuanto a la cantidad de agua total aplicada y cuanto a su fraccionamiento a lo largo del ciclo, en uvas de la variedad *Sauvignon blanc*, comprobó que, independientemente de las condiciones antecedentes de humedad en los varios años de estudio y de las cantidades de agua aplicadas, no se verificaron diferencias significativas en la longitud de las varas ni en la área de hojas en el inicio del ciclo,

sugiriendo que el agua no es un factor limitante en esta fase. Adicionalmente, los diferentes tratamientos de riego no tuvieron efecto en el número y peso de racimos, ni tan poco en el contenido de sólidos solubles en las uvas cosechadas.

En un estudio efectuado sobre el efecto de diferentes dotaciones de riego en el rendimiento de la variedad *Thompson seedless* de uvas de mesa, Williams *et al.* (2010) observaron que el máximo peso de las uvas y el mayor número de racimos por cepa se verificó en los tratamientos de riego correspondientes a 60 - 80% de la evapotranspiración cultural. Conjuntamente, aplicaron una función de productividad del agua de riego establecida por Helweg (1991, cit. en Williams *et al.*, 2010), *CWPF*³ (*Crop Water Productivity Function*) y dada por

$$CWPF = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Volumen de agua aplicada}}.$$

Comprobaron que el valor de *CWPF* aumentaba con la disminución de la cantidad de agua aplicada, realzando así que la maximización de la producción por unidad de agua aplicada en el riego es tan o más importante que la maximización de la producción.

Como es bien conocido, el riego se desarrolló en áreas de producción de vino en climas secos, con un obstáculo que puede llegar a ser insuperable: en estas áreas, los recursos hídricos disponibles son frecuentemente reducidos.

En Portugal, y más concretamente en Alentejo, la afectación tradicional de la viña a suelos de menor potencial productivo ya no se practica. Hoy, la cultura de la vid se generaliza también a suelos más fértiles y de mayor capacidad de almacenamiento de agua. Independientemente de la capacidad de soporte nutritivo e hídrico del suelo, la vid se desarrolla mayoritariamente en régimen de regadío.

La cantidad de agua retenida por un suelo y aquella que está disponible para las plantas depende principalmente de la textura del suelo (Figura 2.6). Las texturas medias a finas son aquellas que normalmente presentan las mayores capacidades utilizables.

³ Una función de este tipo también referida en la literatura es la productividad del agua, *WP* (*Water Productivity*), calculada por el cociente entre el rendimiento (en kg/ha) y la evapotranspiración real del cultivo (en m³/ha).

Otra característica del suelo con gran influencia en el desarrollo de la vid, es su profundidad, ya que determina el volumen de suelo que puede ser explorado por las raíces de la planta y, consecuentemente, la cantidad de agua utilizable.

Es conocido que el riego aporta un aumento de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, lo que origina una proliferación de raíces poco profundas en detrimento de las más profundas. De hecho, cuando la mayor parte del agua disponible durante el desarrollo del sistema radicular proviene del riego, es de esperar que este afecte la distribución, no solo vertical, sino también horizontal de las raíces. Plantas que modifiquen de este modo su distribución radicular, quedan dependientes de la continuación del riego en los años subsecuentes.

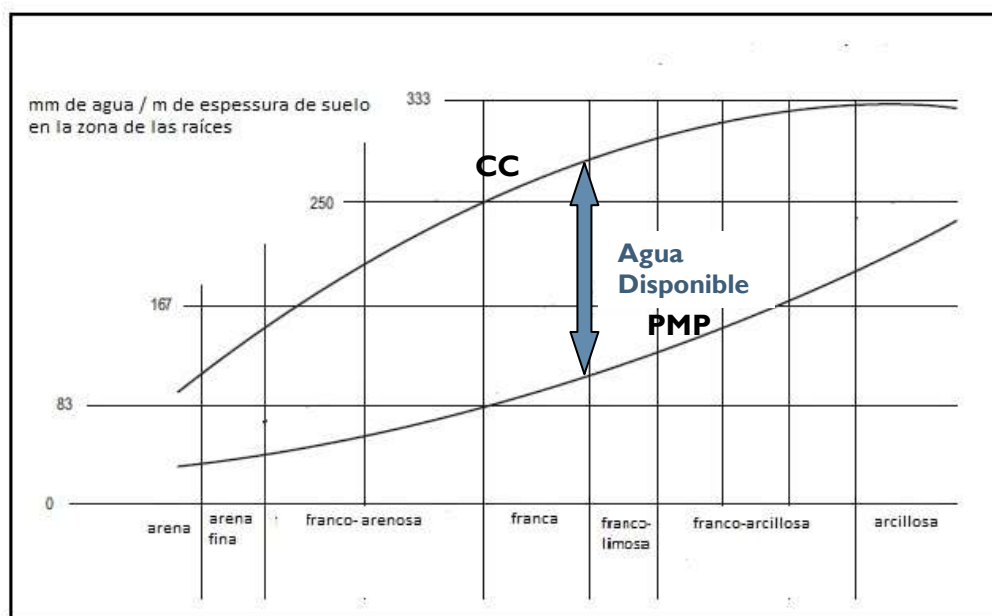


Figura 2.6 – Valores típicos de agua disponible en diferentes texturas de suelo (CC – Capacidad de Campo; PMP – Punto de marchitamiento permanente) (adaptado de Shaxson & Barber, 2003).

Por otro lado, las raíces de las plantas tienen la capacidad de transferir agua entre capas de suelo siempre que exista un gradiente de potencial hídrico, afectando de este modo la distribución y la disponibilidad de agua en el perfil de suelo.

Burgess *et al.* (1998), estudiando la redistribución del agua por los sistemas radicales de especies forestales, verificaron que en determinadas condiciones de menores

contenidos de humedad en las capas superficiales del suelo, puede ocurrir una subida del agua a partir de capas de suelo húmedas más profundas en dirección a la superficie, en un movimiento que designaron por ascenso hidráulico⁴, sugiriendo que este comportamiento de las raíces facilitaría el desarrollo radicular en suelos secos.

Esta redistribución hidráulica fue también estudiada en *Quercus suber* L., en el Centro de Portugal, con recurso a la medición del flujo de savia en las raíces y en el xilema en la base del tronco. Se comprobó que el agua absorbida por las raíces en los horizontes de suelo más húmedos es transferida a zonas de suelo más seco mediante reversiones del flujo de savia (Nadezhdina *et al.*, 2008).

La *Vitis vinífera* L. posee un sistema radicular que se desarrolla tanto en profundidad como en anchura. Bajo condiciones que favorezcan su crecimiento, las raíces se pueden extender a una gran superficie y penetrar en el suelo hasta gran profundidad. En suelos con textura, composición y aeración favorable, las raíces de la vid logran desarrollarse hasta 2 a 4 m (Winkler *et al.*, 1974; Pacheco, 1989).

Según Pacheco (1989), es en la capacidad del sistema radicular de la vid de explorar las capas profundas del suelo donde reside buena parte de su tolerancia a la sequía. La existencia, o no, de raíces en las capas profundas altera la cinética de los movimientos de agua en el suelo.

El sistema radical de la vid es flexible y con capacidad de adaptarse a variadas condiciones pedológicas, o sea, es capaz de utilizar agua de capas de suelo profundas, explorando agua y nutrientes que puedan estar almacenados en las rocas de material originario, a profundidades superiores a las del perfil de suelo. Esta capacidad de la vid, en conjunto con sus particularidades en lo que respecta a su alimentación hídrica y consecuente rendimiento, puede afectar la maximización de adquisición del recurso en viñas regadas, particularmente, en suelos de elevada capacidad de almacenamiento de agua.

Según Trambouze & Voltz (2001), en contraste con los cultivos anuales, los viñedos desarrollándose en secano, en clima mediterráneo, pueden mantener la transpiración

⁴ Traducción libre de la expresión *hydraulic lift*.

durante el Verano. Por un lado, esto se debe a una fracción de cobertura más esparcida, lo que restringe la transpiración potencial. Por otro, la profundización de sus raíces, proporciona grandes cantidades de agua disponible para las plantas.

En un estudio desarrollado en Grecia, en viñedos no regados de la variedad *Agiorgitiko*, Koundouras *et al.* (2006) establecieron una relación directa entre la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y diferentes componentes de calidad del vino producido. Verificaron que las vides sometidas a diferentes regímenes hídricos resultantes de suelos con diferentes características de almacenamiento de humedad, exhibieron diferencias de rendimientos y de composición del producto final. En concreto, en los suelos con características limitantes para el consumo hídrico, el rendimiento fue menor, no obstante, los vinos beneficiaron de una mayor concentración de antocianos y de polifenoles totales.

De entre posibles técnicas culturales que se pueden introducir con el objetivo de reducir los consumos de agua en los periodos críticos del ciclo de crecimiento, se destacan la utilización de cultivos herbáceos entre las líneas de plantas (designados en la literatura inglesa por *cover crops* o por *intercrops*) y la plantación en suelos con bajas capacidades de almacenamiento de agua, con lo que su utilización por la viña a partir de la floración sería condicionada (Pacheco, 1989; Afonso *et al.*, 2003; Monteiro & Lopes, 2006; Barroso, 2002; Lopes *et al.*, 2011).

Esta técnica cultural tiene además otras ventajas, como por ejemplo, la prevención de la erosión, la restricción de la evaporación a partir del suelo, el control biológico de malas hierbas, la mejoría de las condiciones de mecanización o la mejoría de la estructura del suelo (Monteiro & Lopes, 2006; Celette *et al.*, 2008; Wheaton *et al.*, 2008; Furie *et al.*, 2010).

El uso de *cover crops* en las viñas está actualmente diseminado por muchas regiones productoras de vino, principalmente, en zonas con lluvias o con riego durante el verano.

En áreas con limitaciones de agua durante la estación de crecimiento de la vid, como son las regiones mediterráneas, existe la preocupación con la competición por este

recurso (bien como por nutrientes) que el cultivo de cobertura podrá introducir en el sistema.

Celette *et al.* (2005; 2008) condujeron ensayos en viñas de las variedades *Sauvignon blanc* y *Aranel* con sistema de *intercropping*, en zonas de clima mediterráneo. En ambos estudios, las viñas se ubicaban en *Fluvisols* (Clasificación FAO) profundos. Según estos investigadores, la competición hídrica de la asociación de cultivos no tuvo consecuencias significativas en el rendimiento y calidad de producción.

Al contrario, en suelos profundos, la utilización de cultivos de cobertura en la entrelínea podrá ser una gran ventaja por representar un medio de disminuir el consumo de agua por las vides, reduciendo de este modo su expansión vegetativa, y contribuyendo a la calidad del producto final.

Afonso *et al.* (2003) compararon cuatro sistemas de mantenimiento del suelo en la variedad de vino verde *Alvarinho*, en la región de Monção, Norte de Portugal, con una pluviosidad anual media de 1185 mm. Las modalidades ensayadas fueron: cobertura vegetal espontánea permanente; herbicida sistémico; laboreo (testigo); cobertura vegetal espontánea alternada con laboreo. Comprobaron que la cobertura vegetal permanente originó una reducción significativa de la producción y del vigor de la plantas, provocando menores pesos unitarios de los racimos y de los ramos. Sin embargo, la calidad del mosto no fue afectada.

En lo que respecta a la producción y al vigor, fueron obtenidos resultados afines por Monteiro & Lopes (2007), en un ensayo conducido en la región de Estremadura, en el Centro litoral de Portugal, con una precipitación anual media, durante los tres años del ensayo, de 797 mm. Se trataba de una viña no regada, de la variedad *Cabernet Sauvignon*, en la que se testaron tres modalidades de gestión de la superficie del suelo, concretamente, laboreo, cobertura vegetal espontánea y cobertura vegetal sembrada. En este caso, los investigadores, verificaron que en los dos tratamientos encespedados el consumo de agua fue superior, principalmente durante la Primavera, lo que tuvo como consecuencias una reducción favorable del vigor, sin que se afectase el rendimiento de la viña, ni tampoco la calidad del vino, ya que se observó un aumento de

la concentración de azúcares y un incremento de la concentración de fenoles totales y de antocianos en la piel de las uvas.

De acuerdo con Celette *et al.* (2008), la introducción de cultivos de cobertura produce una alteración de la distribución del sistema radicular de la vid en los diferentes horizontes de suelo.

La redistribución del sistema radicular de especies sometidas a competición por un determinado recurso fue denominada por Miller (1986, citado en Celette *et al.*, 2008) “crecimiento compensatorio”. En el caso de la vid, este mecanismo está relacionado con las características de sus raíces, una vez que presentan plasticidad y capacidad de explorar las capas más profundas del suelo, a medida que las capas superficiales presentan potenciales hídricos progresivamente más negativos. No obstante, esta aclimatación difícilmente se verificará en suelos delgados o con problemas estructurales, donde el agotamiento del agua transpirable de las capas junto a la superficie, resultará en una inhibición del desarrollo radicular.

Según Celette *et al.* (2008), la dinámica de consumo de agua compartido entre la vid y el *intercrop* está fuertemente determinada por el desajuste temporal entre los dos ciclos culturales. Debido a su desarrollo más adelantado, antes del brote de la vid, el *intercrop* retira agua de la capa superficial en la entrelínea, donde se concentran sus raíces, produciendo un desecamiento más rápido de este horizonte durante la primavera, hasta el momento de su corte, en comparación con las entrelíneas con suelo desnudo.

En las capas profundas, la variación del contenido de humedad del suelo está relacionada con la cantidad y distribución de la precipitación en invierno y primavera. Durante el desarrollo de la vid, se secan más lentamente en el caso de años más lluviosos.

El cultivo de cobertura podrá, así, tener dos funciones, aparentemente antagónicas: por un lado, durante la estación lluviosa, contribuye a la reducción de la escorrentía superficial y, por lo tanto, al aumento de la cantidad de agua infiltrada, proporcionando más agua almacenada en el suelo y hasta mayores profundidades; por otro, se

desarrolla más temprano, antes del inicio del ciclo de la vid, tomando precedencia en los consumos hídricos en la capa cercana a la superficie de la zona de entrelínea.

Los estudios de estos autores (Afonso *et al.*, 2003; Celette *et al.*, 2005, Monteiro & Lopes, 2007; Celette *et al.*, 2008) incidieron en los efectos de los sistemas de *intercropping* en los consumos de agua y en las respuestas productivas de viñas desarrollándose en seco. Es de esperar que el riego cause alteraciones en la dinámica de las relaciones hídricas entre las vides y los cultivos de cobertura, tanto junto a la superficie como en profundidad, así como en la línea y en la entrelínea.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del ensayo y diseño experimental

Como se refirió en el Capítulo 1., los datos para este trabajo fueron recogidos en el ámbito de un proyecto de investigación que tuvo lugar desde 2006 hasta el año de 2008. No obstante, en 2006 todavía no se había procedido a la siembra del cultivo de cobertura (*cover crop*), por lo que se utilizaron sólo los datos obtenidos durante los años 2007 y 2008. Refiérase que algunos de los datos utilizados, en concreto los referentes a la composición de las uvas y del vino, resultaron de determinaciones específicas realizadas por técnicos de los laboratorios de ISA y de EVN, por lo que no se efectuará la descripción de las técnicas realizadas.

El ensayo se realizó en una viña de una variedad tinta, *Aragonez*, en una finca privada, *Monte das Palmeiras*, ubicada en Pias, Concelho de *Serpa*, Distrito de *Beja*, en la región de *Baixo Alentejo*, Sur de Portugal.

Las parcelas de ensayo fueron seleccionadas utilizando como criterios la homogeneidad de suelos y la posibilidad de introducción de alteraciones al sistema de riego, exigidas por el diseño experimental.

Se delimitaron cuatro parcelas, cada una con un área de 1 ha (Figura 3.1). En dos de ellas se sembró un *cover crop* en la entrelínea. En las dos restantes se desarrolló únicamente vegetación espontánea. Como la distinción de las parcelas también tuvo como base el tipo de suelo, cada parcela corresponde a una unidad constituida por una asociación cobertura del suelo en la entrelínea x tipo de suelo (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 – Descripción de las parcelas.

Parcela	Revestimiento en la entrelínea x Tipo de suelo
VEI	Vegetación espontánea x Suelo 1
VEII	Vegetación espontánea x Suelo 2
CCI	<i>Cover crop</i> x Suelo 1
CCII	<i>Cover crop</i> x Suelo 2

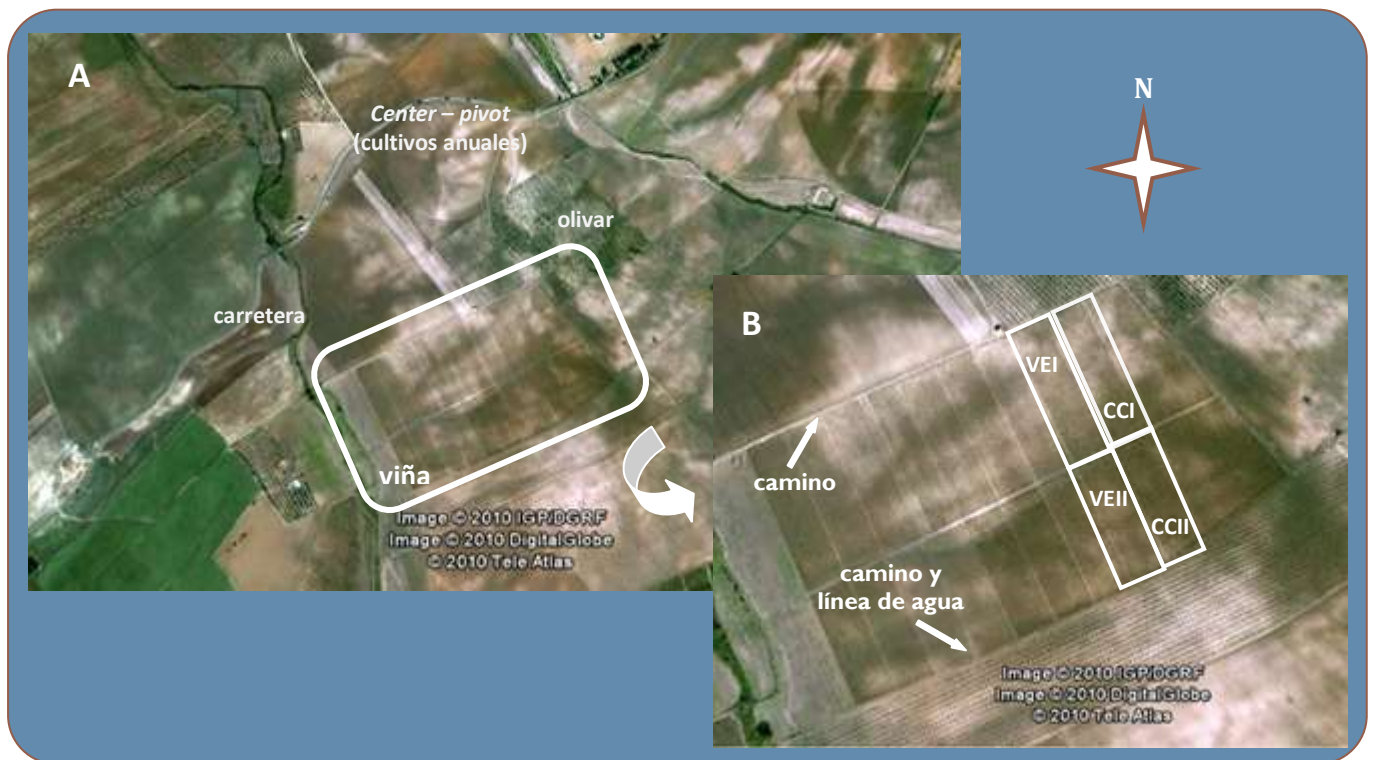


Figura 3.1 – A) Imagen de parte de la finca *Monte das Palmeiras* con identificación de algunos cultivos y puntos de referencia– escala aproximada de 1:5000; B) Imagen de la viña del ensayo y localización de las parcelas e de otros puntos de referencia – escala aproximada de 1:10000 (adaptado de *Google Maps*, 2010).

En las parcelas CCI y CCII, el *cover crop* fue sembrado en noviembre de 2006, inicialmente con una mezcla de gramíneas x leguminosas. En los años siguientes el prado se reconstituyó después de las primeras lluvias de septiembre. Así, la re-cobertura del suelo estuvo asegurada desde que sobrevivieron las precipitaciones efectivas.

Hasta el inicio de marzo, el césped tuvo un crecimiento lento, presentando después un desarrollo muy grande a medida que aumentaron las temperaturas medias del aire.

En 2008, el cubierto estuvo dominado por leguminosas de auto – regeneración, estando la composición florística constituida casi en exclusiva por leguminosas, entre las cuales destacaban los *Medicagos*.

En las parcelas VEI y VEII, no se realizó siembra de ningún cultivo de cobertura, dejándose la zona de la entrelínea libre para el desarrollo de especies espontáneas, cuya composición presenta algunas plantas vivaces de sistema radicular profundo que constituyeron la cobertura vegetal (Figura 3.2).



Figura 3.2 – Viña de *Monte das Palmeiras*: A) entrelínea con *cover crop* (después de cortado); B) entrelínea con vegetación espontánea (después de cortada).

En lo que respecta al laboreo del suelo, este consistió en interferir lo menos posible, recurriendo a una única intervención mecánica, generalmente efectuada a finales de abril o inicio de mayo. Para el efecto, se laboraron los primeros 5 cm de suelo, cortando la vegetación espontánea y el *cover crop*. Dependiendo de la densidad de la cobertura vegetal en la entrelínea, el resultado de este laboreo fue la formación de un *mulch* de pajas en la superficie, el enterramiento superficial de semillas o la supresión de dicotiledóneas vivaces.

Dentro de cada parcela se delimitaron dos zonas, cada una de las cuales con cuatro sub-parcelas correspondientes a diferentes dotaciones, que se designaron:

- ➡ A - riego de elevado confort hídrico;
- ➡ B - riego de confort hídrico moderado;
- ➡ C - riego ultra deficitario;
- ➡ D – riego del agricultor (o riego deficitario).

Se añadió también una sub-parcela de secano - SE. Con todo, en 2007, esta modalidad solamente fue monitorizada con respecto al contenido en humedad del suelo.

En la Tabla 3.2 se presentan las dotaciones de riego aplicadas en cada una de las modalidades, durante los dos años. En la Figura 3.3 se esquematiza el diseño experimental.

Tabla 3.2 – Dotaciones de riego correspondientes a cada una de las modalidades ensayadas.

Modalidad	Sigla	Dotación de riego (mm)	
		2007	2008
Riego de elevado confort hídrico	A	201	212
Riego de confort hídrico moderado	B	150	159
Riego ultra deficitario	C	60	54
Riego del agricultor	D	104	106
Secano	SE		0

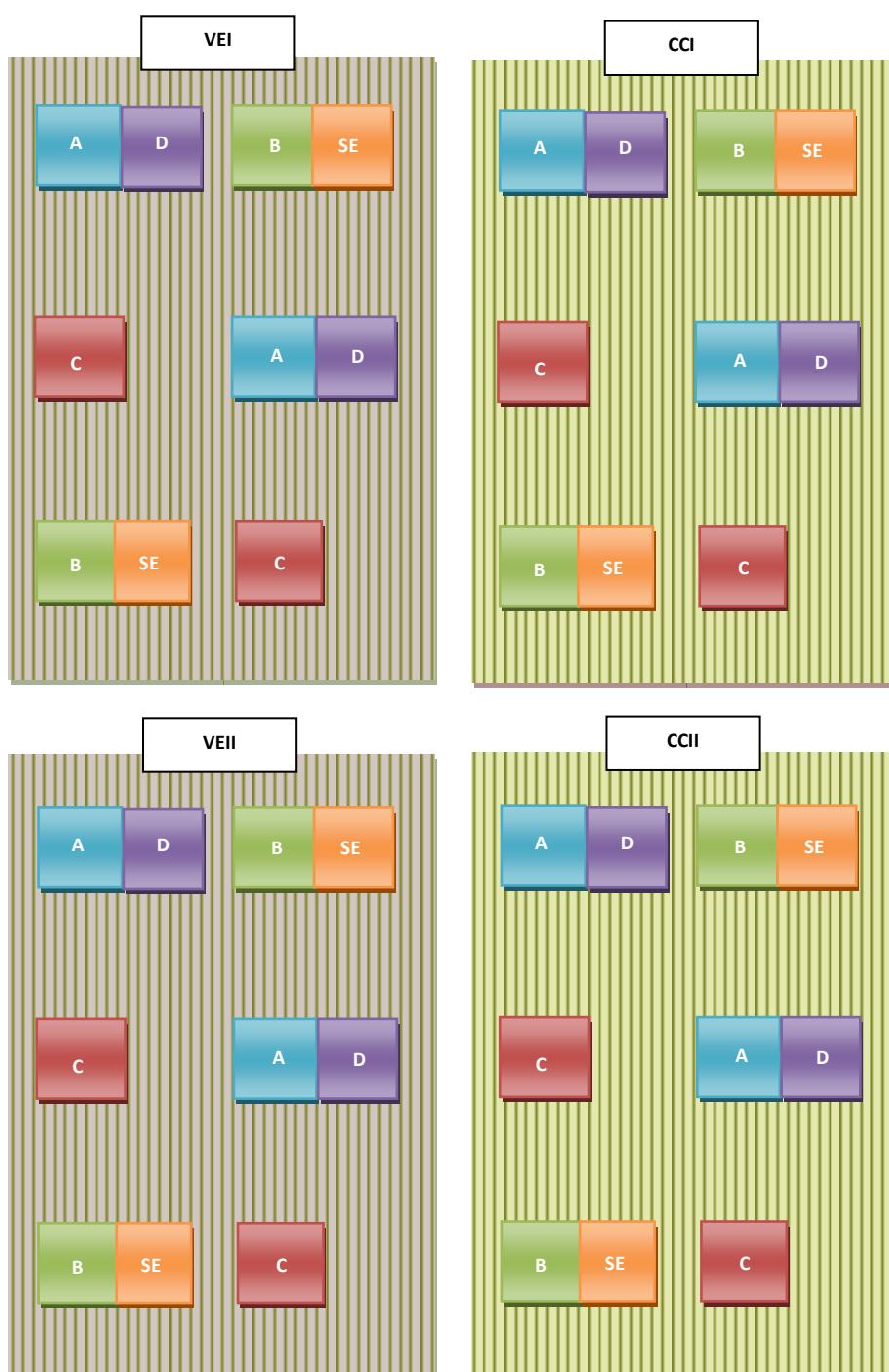


Figura 3.3 – Esquema experimental del ensayo: VEI y VEII – parcelas con cobertura del suelo espontánea; CCI y CCII – parcelas con cobertura sembrada; A –modalidad de riego de elevado confort hídrico; B – modalidad de riego de moderado confort hídrico; C – modalidad de riego ultra deficitario; D – modalidad de riego del agricultor; SE – modalidad de no riego.

3.2. Caracterización del material vegetal y observaciones fenológicas

La viña del ensayo es de la variedad tinta *Aragonez* (portainjerto SO4). Fue plantada en 2001, con un marco de plantación es de 2,8 m x 1 m, lo que equivale a una densidad de 3570 cepas por hectárea. Es conducida en cordón *Royat*, bilateral, con 4 talos y 2 yemas por talo.

La designación de la variedad, *Aragonez*, indica su ascendencia española. Es conocida como la casta ibérica, con fuerte diseminación geográfica en Portugal y España. En la región de Alentejo, es una de las variedades que tiene mayor expresión.

En Portugal, toma también la designación *Tinta Roriz*, en las regiones demarcadas de *Dão* y de *Douro*, o de *Abundante*, en la provincia de *Estremadura*. Es considerada generosa en producción: los racimos y las uvas son de tamaño medio a grande y los rendimientos son con alguna frecuencia exagerados. La producción media deberá ser del orden de las 8 a 15 t/ha (INRB, 2011). Sin embargo, en este *terroir* de suelos profundos y con gran capacidad de almacenamiento de agua, los valores mínimos normales de producción se sitúan más próximos de 10 t/ha.

En España, es conocida por el nombre *Tempranillo*, en La Rioja, o por *Cencibel*, en La Mancha. La designación *Tempranillo* está relacionada con el hecho de ser precoz, madurando temprano, antes de las primeras lluvias otoñales de septiembre. Además, exhibe floración tardía, presentando así un ciclo anual de desarrollo corto.

Durante el ensayo, las fases del ciclo fueron registradas siguiendo el modelo de Baggiolini. Esta información se sintetiza en la Tabla 3.3.

3.3. Caracterización pedológica

El viñedo se localiza sobre terreno de topografía ondulada con declive muy suave de cotas decrecientes en la dirección NW – SE. Las parcelas VEI y CCI se hallan en la zona más alta y las parcelas VEII y CCII coinciden con la zona baja.

Tabla 3.3 – Evolución de la fenología de la viña durante el ensayo.

			Reposo invernal			Crecimiento vegetativo				Maduración	
Ano	Fase do ciclo	Yema de Invierno	Brotación	Punta verde	Racimos libres	Floración	Baya de guisante	Racimos cerrados	Inicio de envero	Envero	Vendimia
2007	Fecha		15-mar	26-mar	20-abr	20-may	12-jun	25-jun	09-jul	19-jul	29-ago
	Intervalo entre estados		0	11	25	30	23	13	14	10	41
	Días post brotación		0	11	36	66	89	102	116	126	167
2008	Fecha		5-mar	25-mar	11-abr	13-may	17-jun	25-jun	08-jul	20-jul	21-ago
	Intervalo entre estados		0	20	17	32	35	8	13	12	32
	Días post brotación		0	20	37	69	104	112	125	137	169

Estas zonas son representativas de las manchas de suelos existentes en la parcela de ensayo. Para su descripción y clasificación fueron abiertos perfiles, con la descripción general que se presenta en los próximos párrafos y una caracterización de los parámetros físicos en la Tabla 3.4. La descripción detallada de los horizontes y capas se encuentra en el Anexo II (Tablas A.1 y A.2).

Tabla 3.4 – Datos físicos de los *pedóns* (PEDIZA, 2008).

Suelo	Horiz.	Prof. (cm)	E.G. (%)	Arena (%)	Limo (%)	Argila (%)	Clase textural	CC (% vol.)	PEP (% vol.)	RU (% vol.)	ρ_{ap} (g/cm ³)
1	Ap ₁	0-20	2,32	30,13	26,75	43,12	Arcillo-limoso	36,43	23,44	12,99	1,20
	Ap ₂	20-50	1,43	29,13	26,80	44,07	Arcillo-limoso	37,46	24,25	13,21	1,30
	Ap ₃	50-80	0,75	37,73	29,78	32,49	Franco-arcillo-limoso	30,37	17,77	12,60	1,40
	C ₁	80-130	0,28	32,81	36,03	31,16	Franco-arcillo-limoso	31,01	17,25	13,76	1,75
2	Ap ₁	0-15	2,52	18,88	18,43	62,69	Arcilloso	46,89	34,02	12,87	1,30
	Ap ₂	15-55	0,71	24,17	27,44	48,40	Arcillo-limoso	40,81	27,02	13,79	1,30
	Bw ₁	55-90	2,58	18,15	26,41	55,44	Arcillo-limoso	44,72	31,08	13,64	1,40
	Bw ₂	90-115	1,95	11,63	18,72	69,65	Arcilloso	48,63	34,81	13,82	1,40
	C ₁	115-135	29,37	34,37	23,52	42,11	Arcillo-limoso	25,36	16,46	8,90	1,75

E.G.: elementos groseros; CC: capacidad de campo (contenido en agua a 33 KPa, referido a la tierra total); PEP: punto de marchitez permanente (contenido en agua a 1500 KPa, referido a la tierra total); RU: reserva utilizable; ρ_{ap} : masa volúmica aparente.

En el perfil 1, abierto en la zona alta, en términos generales, los primeros 15 cm superficiales no presentan raíces, debido a las técnicas de laboreo del suelo. Las raíces se distribuyen regularmente en toda la superficie vertical afectada por el proceso de preparación del suelo durante la instalación de la viña (con subsolador).

La capa C, rica en CaCO₃ secundario y derivada de gabro-dioritas bastante alteradas, presenta algunas venas de dirección horizontal y vertical de material de color gris muy clara, textura franca a franco-limosa por donde las raíces penetran con más facilidad. No obstante, también se encuentran intersecciones de raíces en la roca meteorizada. El

origen de estas venas es el resultado milenario de la acción de las raíces de formaciones arbóreas pre-existentes que aceleraron todo el proceso de alteración físico-química del material circundante. A medida que aumenta la profundidad estas venas van reduciendo de dimensión y la cantidad de raíces va disminuyendo.

La profundidad máxima alcanzada por el sistema radicular fue de cerca de 2,50 m. A 2,00 m fue realizado un sondaje que evidenció la no alteración de material litológico. Todo el perfil presenta reacción moderada al HCl, en la tierra fina. Ésta presenta arcillas expansibles (montmorillonitas).

En la zona de entrelínea tenemos los siguientes horizontes y capas: Ap_1 - Ap_2 - Ap_3 - C_1 - C_2 - C_3 . Parte de ellos se pueden observar en la Figura 3.4.

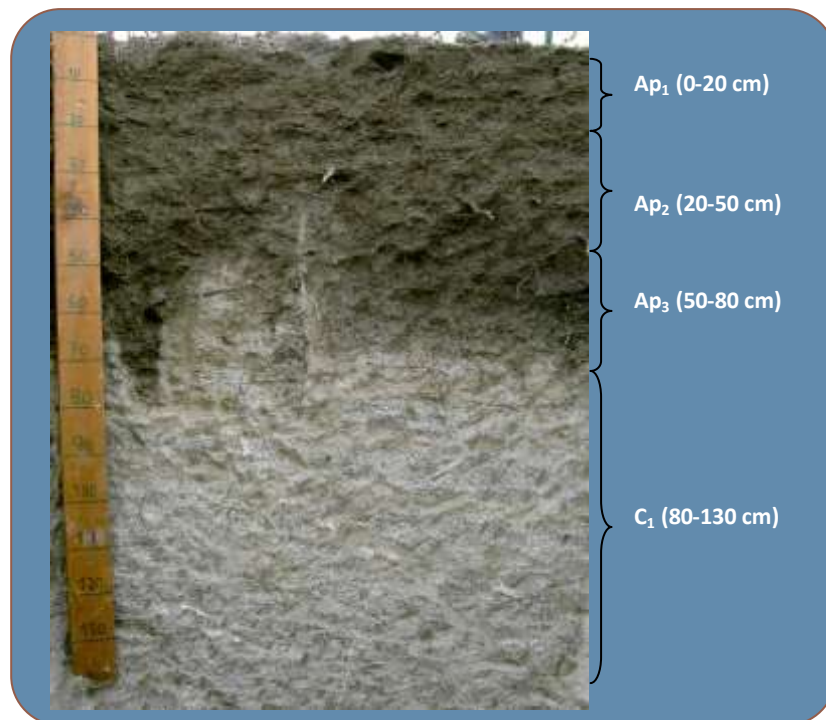


Figura 3.4 – Fotografía de parte del perfil 1, hasta la profundidad de 130 cm (PEDIZA, 2008).

En lo que respecta al perfil 2, este fue abierto a aproximadamente 300 m del perfil 1 y a cerca de 10 m del camino en la zona de una línea de agua cuya área de la sección transversal es relativamente amplia.

Una vez que se ubica en las cotas más bajas de la parcela, este es un lugar de acumulación de material; se asienta sobre roca gabro-diorítica moderadamente alterada hasta la profundidad de 2,5 m. No se encontraron vestigios de subsolaje.

Para el perfil 2, en la zona de entrelínea, tenemos los siguientes horizontes y capas: Ap₁ - Ap₂ - Bw₁ - Bw₂ - C₁ - C₂ (Figura 3.5).

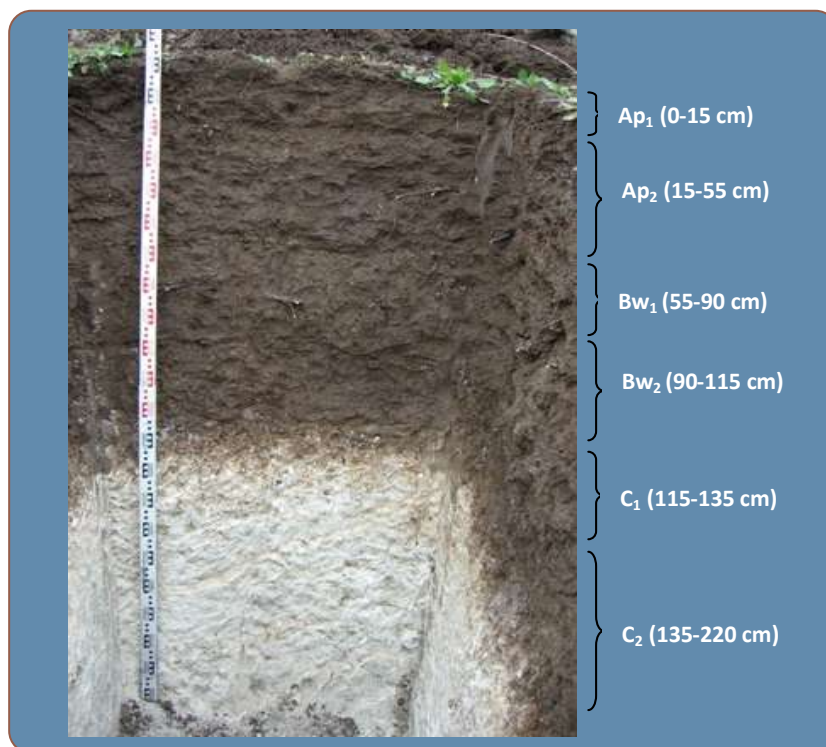


Figura 3.5 – Fotografía del perfil 2, hasta la profundidad de 220 cm (PEDIZA, 2008).

Se trata de suelos que se clasifican como vertisuelos (V). Estos, según FAO (2010), son suelos que tienen 30 por ciento o más de arcilla en todos los horizontes hasta por lo menos 50 centímetros de profundidad, presentan propiedades vérticas, o sea, en un cierto período en la mayoría de los años muestran grietas de por lo menos un centímetro de ancho hasta una profundidad de 50 centímetros, a menos que estén irrigados, y exhiben frecuentemente estructura prismática a una profundidad entre 25 y 100 cm.

En cuanto a la capacidad de almacenamiento de agua de estos suelos, con base en los datos de la Tabla 3.4, se verifica que la reserva utilizable es de 172 mm/130 cm en el suelo 1. En el caso del suelo 2, esta es de 174 mm/135 cm.

3.4. Distribución de las raíces

Se observó la distribución radicular de la vid, en los perfiles abiertos para estudio de los suelos. Para eso, todas las raíces encontradas en las paredes de las cuevas fueron divididas en 5 clases de diámetro, de la siguiente forma: $\emptyset < 2$ mm; $2 < \emptyset < 5$ mm; $5 < \emptyset < 10$ mm; $10 < \emptyset < 20$ mm y $\emptyset > 20$ mm). Estas clases fueron codificadas por colores y se registraron sus intersecciones en filme de plástico. Posteriormente, se contabilizaron todas las anotaciones registradas, a través de una malla cuadrangular de 5cm x 5 cm (Anexo III – Tablas A.3 y A.4). Los resultados son presentados gráficamente (Figura 3.6) con el número de raíces/m², en cada clase de diámetro, a lo largo del perfil.

Los planos A y B corresponden a planos verticales perpendiculares a la línea de las vides, localizados a 0,50 m de esta, en los suelos 1 y 2, respectivamente.

La máxima concentración de raíces se sitúa entre los 0,2 e los 0,5 m de profundidad. Hay, no obstante, una diferencia considerable en la proporción de raíces, principalmente finas, en los primeros 50 cm de profundidad de los dos suelos. El suelo 1 presenta una cantidad muy superior de raíces de menor diámetro, lo que se deberá a una estructura con menos macro poros resultante de un mayor contenido de arcilla existente en el suelo 2.

Se observa que las raíces de menor diámetro tienen un gran desarrollo vertical y alcanzan una profundidad de 2,5 m, o sea, son capaces de penetrar en la capa de gabbro-diorita alterada y enriquecida en CaCO₃ secundario.

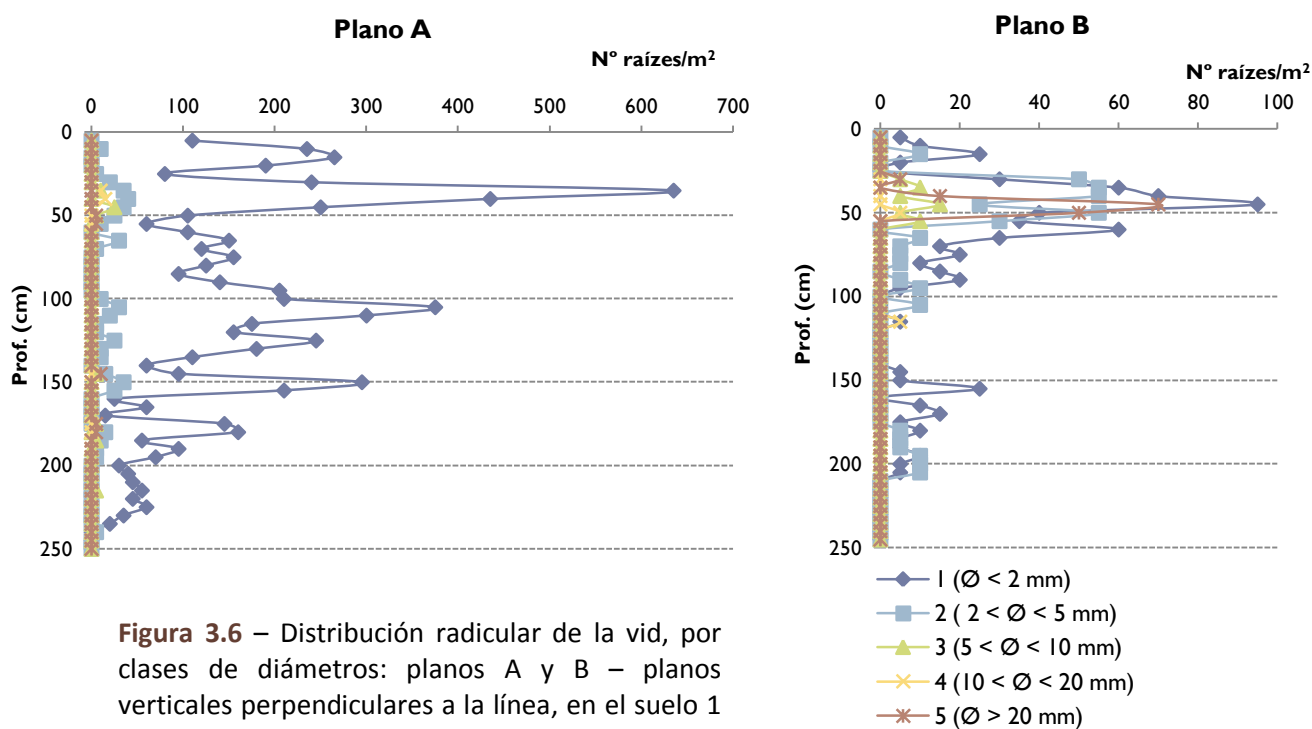


Figura 3.6 – Distribución radicular de la vid, por clases de diámetros: planos A y B – planos verticales perpendiculares a la línea, en el suelo 1 y 2, respectivamente.

3.5. Caracterización climática

Los datos climáticos (Anexo IV – Tablas A.5 y A.6) fueron suministrados por la estación meteorológica de C.O.T.R. localizada a unos cien metros del local de ensayo. El registro de la precipitación fue realizado por udómetros automáticos colocados en la parcela de ensayo.

En cuanto a temperaturas, las diferencias entre los dos años se verificaron en los meses de mayo y junio. El mes de mayo fue más caliente en 2007. En 2008, la temperatura media del mes de junio fue superior a la de mayo. Las diferencias, fueron del orden de los 2 grados Celsius. La evolución de los valores de evapotranspiración de referencia fue, como se esperaba, semejante (Figuras 3.7 y 3.8).

En la Figura 3.9 se presenta la precipitación total verificada desde el inicio del año hidrológico 2006/2007, en octubre de 2006, hasta final del año hidrológico 2007/2008.

En lo que respecta a la precipitación total, hay una diferencia interanual considerable. En el año hidrológico 2006/2007, como resultado de un período otoño-invernal muy lluvioso, la precipitación total fue de 593 mm. En 2007/2008, totalizó 474 mm. Esta diferencia de cerca de 120 mm tiene reflejo en la cantidad de agua almacenada en el suelo.

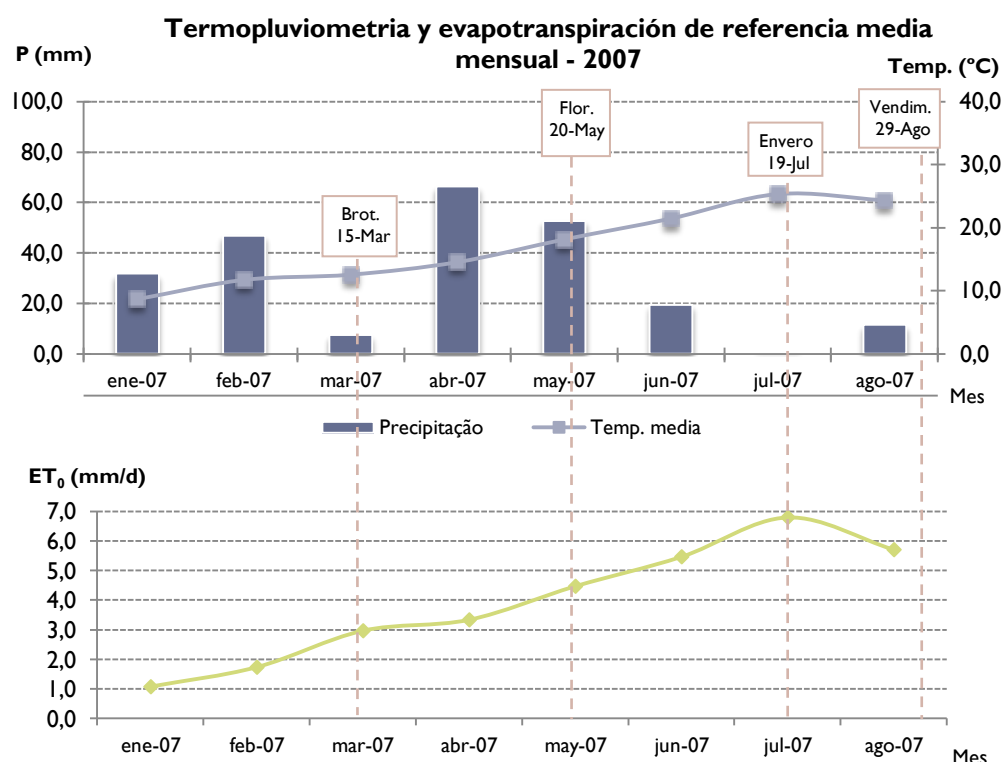


Figura 3.7 – Gráficas termo-pluviométrica y de evapotranspiración de referencia media mensual desde 1 de Enero hasta 31 de Agosto de 2007.

La cantidad total de precipitación durante el ciclo anual de la viña, en los dos años de estudio, fue semejante – 158 mm y 143 mm, respectivamente en 2007 y en 2008. Sin embargo, en 2007 las precipitaciones otoño-invernales fueron muy superiores a las del año siguiente y, por otro lado, el año de 2008 tuvo una primavera más lluviosa. Además, hay que indicar que en 2007 ocurrió una precipitación de aproximadamente 20 mm en el mes de junio, o sea, después de la floración.

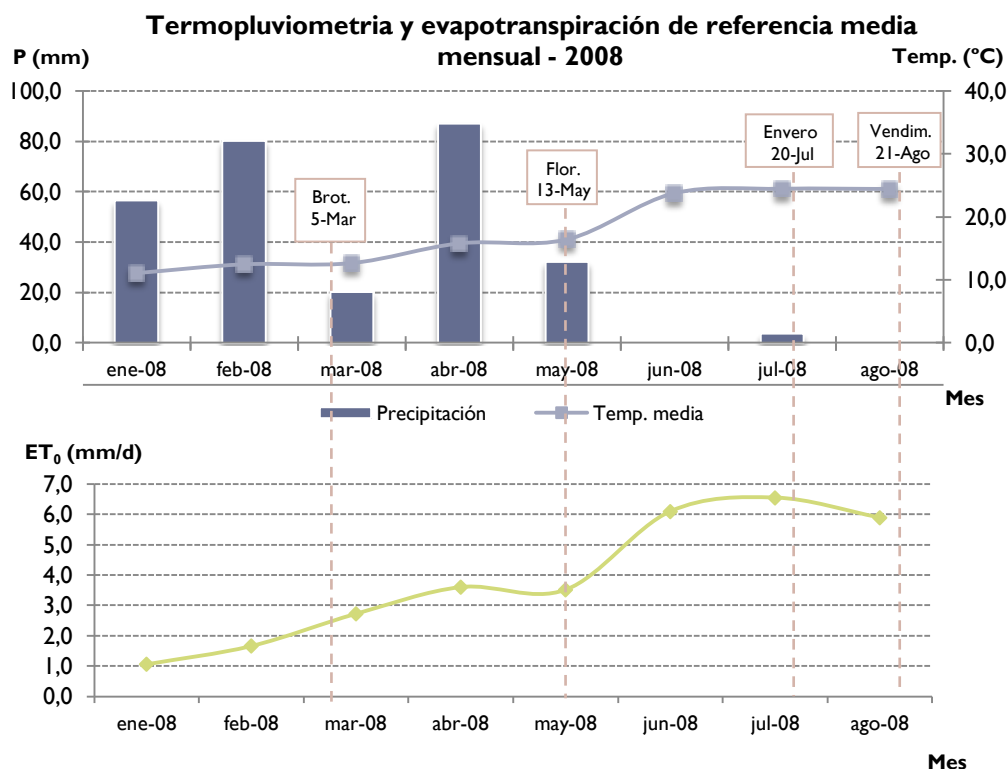


Figura 3.8 – Gráficas termo-pluviométrica y de evapotranspiración de referencia media mensual desde 1 de Enero hasta 31 de Agosto de 2008.

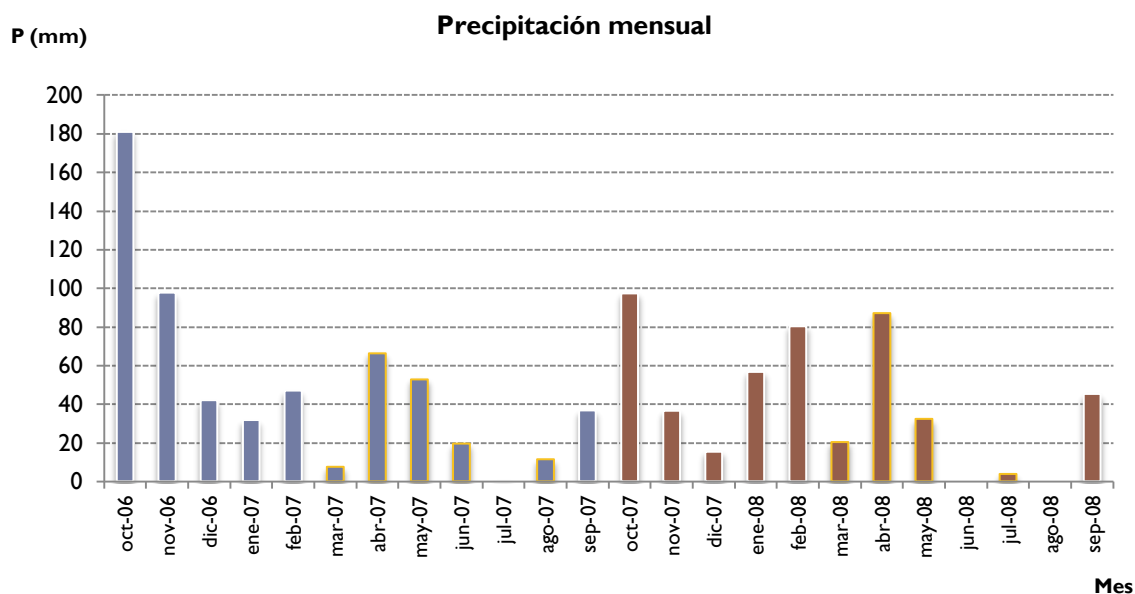


Figura 3.9 – Precipitación mensual registrada a lo largo de los años hidrológicos 2006/2007 y 2007/2008. Se delimitan a amarillo las columnas de los meses del ciclo anual de la vid.

3.6. Caracterización del sistema de riego y calendarización de riegos

El sistema de riego por goteo está constituido por emisores auto-compensantes, con un caudal de $2,2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$, embebidos y distanciados a 1 m. El diámetro de los tubos usados fue de 16 mm. Para cada una de las dotaciones de riego, fue extendido un tubo ciego a lo largo de la línea, con colocación de tubo con emisores en la zona correspondiente a la modalidad de riego en cuestión. El riego automático era programado a través de electro-válvulas. La cantidad de agua aplicada fue monitorizada por caudalímetros, instalados a la cabeza del sistema de riego. Los riegos se realizaron durante la noche, iniciándose a las 18 h y terminando alrededor de las 7 h del día siguiente⁵.

Las dotaciones totales en diferentes periodos del ciclo vegetativo de la vid, así como la cantidad de precipitación correspondiente a esos periodos se encuentran sintetizadas en las Tablas 3.5 y 3.6 correspondientes, respectivamente, a los años 2007 y 2008. En Anexo V (Tablas A.7 y A.8) se detalla esta calendarización en cada uno de los años.

Durante el ciclo de 2007, se aplicaron 7 riegos: 3 en el mes de julio y los restantes en agosto. El primer riego se realizó el día 10 de julio, un día después del inicio de la fase de envero. Los restantes se efectuaron cada 7 días, aproximadamente. El último riego se aplicó día 22 de agosto, una semana antes de la cosecha.

En 2008, se efectuaron sólo 4 riegos, con mayores dotaciones. El primero se realizó el 30 de junio, cinco días después del inicio de la fase de racimos cerrados. Trece días antes de la cosecha, el 8 de agosto, se efectuó el cuarto riego.

⁵ El programa (dotaciones) de riegos era fijo, y el tiempo necesario para efectuar los riegos era diferente en cada dotación. En las dotaciones mayores, se necesitaban cerca de 3 días para su aplicación, en cuanto la dotación ultra deficitaria se realizaba en una noche.

Tabla 3.5 – Dotaciones de riego totales por modalidad y precipitación, en diferentes periodos del ciclo de desarrollo de 2007.

Fases del ciclo	Data	Dotaciones totales (mm)				P (mm)
		A	B	C	D	
Mes antes de la Brotación	15-feb a 15 mar					14,5
Brotación – Punta verde	16 a 26-mar	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1
Punta verde – Racimos libres	27-mar a 20-abr	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1
Racimos separados - Floración	21-abr a 20-may	0,0	0,0	0,0	0,0	44,6
Floración – Baya de guisante	21-may a 12-jun	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9
Baya de guisante – Racimos cerrados	13 a 25-jun	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5
Racimos cerrados – Envero	26-jun a 19-jul	59,7	42,0	12,6	25,1	0
Envero – Vendimia	20-jul a 29-ago	141,4	108,4	47,2	78,6	11,6
Total (en el ciclo)	-	201,1	150,4	59,8	103,7	170,3

Tabla 3.6 – Dotaciones de riego totales por modalidad y precipitación, en diferentes periodos del ciclo de desarrollo de 2008.

Fases del ciclo	Data	Dotaciones totales (mm)					P (mm)
		A	B	C	D	SE	
Mes antes de la Brotación	05-feb. a 05-mar						71,0
Brotación – Punta verde	06 a 25-mar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3
Punta verde – Racimos separados	26-mar a 11-abr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,7
Racimos separados - Floración	12-abr a 13-may	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,1
Floración – Baya de guisante	14-may a 17-jun	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5
Baya de guisante – Racimos cerrados	18 a 25-jun	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Racimos cerrados – Envero	26-jun a 20-jul	120,1	90,4	30,4	60,0	0,0	3,8
Envero – Vendimia	21-jul a 21-ago	92,2	68,8	23,1	46,1	0,0	0,0
Total (en el ciclo)	-	212,3	159,2	53,5	106,1	0,0	143,4

La decisión para el inicio del riego tuvo por base un conjunto de datos de parámetros edáficos y eco-fisiológicos como: el paraje del crecimiento vegetativo, el agotamiento de cerca de la mitad de la reserva de agua del perfil hasta 2,00 de profundidad y un potencial foliar de base (Ψ_b) de -0,3 a -0,4 MPa. La frecuencia de riegos se ajustó teniendo en cuenta los valores de Ψ_b de la modalidad con menor dotación de riego. Así, el segundo y el tercer riego se realizaron cuando $\Psi_b \approx -0,5$ MPa disminuyendo este valor para -0,6 a -0,7 MPa desde el cuarto al último riego.

Además de las cantidades de agua aportadas por el riego, hay que tener en consideración la pluviosidad ocurrida durante el fin del invierno y la primavera, o sea, antes del inicio del desarrollo de la planta y en las fases iniciales del mismo.

Existe una diferencia considerable en las cantidades de precipitación ocurrida en el mes inmediatamente anterior a la quiebra de letargo de las yemas: en 2007, fue de 14,5 mm, mientras que en 2008 llovieron 71 mm. Estos valores podrán, a pesar de la discrepancia, no tener gran influencia en la cantidad de agua almacenada en el suelo y, por lo tanto, disponible para las plantas, si consideramos todo el periodo invernal que antecede el inicio del ciclo anual de la vid.

3.7. Monitorización de la biomasa aérea del cultivo de cobertura

Para evaluar la biomasa aérea de la cobertura vegetal del suelo, se recogieron 2 muestras por modalidad en las parcelas con encespedado cultivado, en 2007. En el año siguiente el muestreo incluyó las parcelas con vegetación espontánea. Así, en el primer año tenemos un total de 16 datos de materia seca por unidad de superficie y, en 2008, se totalizaron 32 registros (Anexo VI – Tablas A.9 y A.10).

La metodología utilizada consistió en cortar la vegetación delimitada por un cuadrado con un área de 0,25 m². El material fue posteriormente secado en estufa a 75°C y pesado. Esta operación se realizó, en ambos años, algunos días antes del corte de las coberturas vegetales, a mediados de mayo.

3.8. Monitorización del vigor, de las componentes del rendimiento y de la calidad de producción

Para la evaluación del vigor y de las componentes del rendimiento, en cada una de las parcelas, fueron fijadas áreas de control formadas por veinte cepas útiles, agrupadas en pares formados por cepas contiguas. Así, fue de diez el número de repeticiones por modalidad de riego x parcela, correspondiendo cada repetición a dos plantas contiguas, tomadas siempre en conjunto para efectos de control del rendimiento. Se considero una línea de bordadura para cada una de las líneas con cepas seleccionadas.

Las cepas útiles fueron numeradas y sobre ellas incidieron todas las mediciones y muestreos para control del vigor, de la producción y de la calidad de las uvas.

En total, se utilizaron ciento sesenta y doscientos puntos de muestreo, respectivamente, en 2007 y en 2008. Las fechas de muestreo fueron 29 de agosto de 2007 y 21 de agosto de 2008, o sea, correspondieron a la vendimia en cada uno de los años de estudio (datos en Anexo VII – Tablas A.11 y A.12).

Los indicadores de vigor de las plantas utilizados fueron el peso de la madera de poda y el *IR* (índice de Ravaz).

La producción se expresó en peso medio por hectárea y fueron también analizados los siguientes componentes de la producción: número de racimos por cepa y peso medio por racimo. Fue también calculada la función *CWPF* (*crop water productivity function*), expresada en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (cociente entre producción por hectárea y volumen unitario de riego aplicado), tal como está descrito por Williams *et al.* (2010).

Las determinaciones analíticas realizadas en las uvas fueron las siguientes: grado Brix; pH; acidez total; índice de polifenoles totales; antocianos totales. En el año de 2007 también se dispone de datos del contenido en taninos de las uvas.

A partir de las uvas cosechadas se efectuaron micro vinificaciones para determinación de los siguientes parámetros: masa volúmica; volumen de alcohol adquirido; pH; acidez

total (concentración de ácido tartárico); acidez volátil (concentración de ácido acético); concentración de dióxido de azufre libre; concentración de azúcares.

Estos datos se encuentran en Anexo VIII (Tablas A.13 a A.16).

3.9. Análisis estadísticos

Para el análisis de las respuestas en el vigor, la producción y en sus componentes cuantitativos se efectuaron análisis de variancia considerando una delineación con dos factores – tipo de cobertura x suelo y dotación de riego. La función de productividad del agua de riego, *CWPF*, fue analizada considerando un único factor: la dotación de riego.

La misma metodología fue usada para el análisis del efecto de diferentes tipos de coberturas x suelo y dotaciones de riego en los componentes cualitativos de la producción - composición de las uvas y parámetros del vino. Así, se efectuaron análisis de variancia considerando una delineación con dos factores, siendo las variables respuesta los datos correspondientes a las fechas de cosecha de cada año.

En el caso de la biomasa aérea de las coberturas vegetales del suelo, en 2007 solamente fueron recogidas muestras de las parcelas con *cover crop*. Así mismo, se optó por analizar estadísticamente los datos de este año, considerando dos tratamientos para un factor – cobertura x suelo. En el año de 2008 el muestreo abarcó todas las unidades de cobertura x suelo.

Se consideraron asumidas las presuposiciones de independencia y normalidad de poblaciones y de igualdad de variancias cuando, debido a un número pequeño de datos, no fue posible efectuar los test adecuados.

Estos análisis fueron realizados utilizando los procedimientos GLM (*General Linear Models*) del software *PASW® Statistics 18 (SPSS® Inc.)*. Las diferencias estadísticas entre medias se evaluaron a través del test de Tukey ($p < 0,05$). Todos los análisis se realizaron separadamente en cada año.

3.10. Monitorización de los parámetros eco-fisiológicos de las vides: área foliar, potencial hídrico de base y cambios gaseosos

El área foliar fue calculada por el modelo empírico de Lopes & Pinto (2000, citados en Rodrigues, 2009). En este modelo, se considera el área foliar total de un sarmiento, AF_T , igual a la suma del área foliar principal y del área foliar secundaria, relativas a las hojas principales y a las hojas secundarias, respectivamente. La determinación de la superficie foliar principal, AF_P , se efectúa a través de:

$$AF_P = e^{[0,0835 + 0,992 \cdot \ln(MLA_P)]} ,$$

donde:

MLA_P – área foliar media principal del sarmiento (cm^2), calculada por:

$$MLA_P = \frac{L_P + S_P}{2} \cdot NL_P ,$$

donde:

L_P – área de la mayor hoja principal del sarmiento (cm^2);

S_P – área de la menor hoja principal del sarmiento (cm^2);

NL_P – nº de hojas principales del sarmiento.

Para la estimativa del área foliar secundaria, AF_S , se utiliza la ecuación:

$$AF_S = e^{[0,346 + 1,029 \cdot \ln(MLA_S) - 0,125 \cdot \ln(L_S)]} ,$$

donde:

MLA_S – área foliar media secundaria del sarmiento (cm^2), calculada de forma idéntica a MLA_P .

L_S – área de la mayor hoja secundaria del sarmiento (cm^2).

Para obtener el área foliar por vid, se multiplica el valor de AF_T por el número de sarmientos en cada cepa. El modelo descrito fue aplicado para cálculo del área foliar principal, en m^2/vid .

A lo largo del ciclo de crecimiento, en 2007, fueron acompañados tres ramos medios, productivos, en pares de cepas previamente seleccionados, obteniéndose así, 6 registros por cada dotación *versus* cobertura x suelo. La superficie foliar fue

monitorizada en las fases de floración, baya de guisante y maduración, o sea que en este año se tienen 96 registros en cada fecha.

En 2008, el muestreo de este parámetro se realizó sólo en la fase de floración, tomando tres ramos medios, productivos, en una vid por cada dotación versus cobertura x suelo, en el caso de las dotaciones A y C. La otra dotación monitorizada fue la de secano (SE), donde sólo se consideraron 2 ramos por vid. En total tenemos 32 registros.

Las mediciones de potencial hídrico se realizan recurriendo al método de la cámara de presión o, como también es conocida, cámara de Scholander (Scholander *et al.*, 1965, citados en Taylor *et al.*, 2010). Su principio de funcionamiento es el siguiente: una hoja (o un ramo) de una planta transpirando presenta presión negativa (tensión) en el xilema y si el pecíolo es cortado en cierto punto, la columna líquida retrocede en el xilema hacia el interior de la hoja. Cuando se coloca la hoja en una cámara de presión herméticamente cerrada y presurizada gradualmente con un gas, la columna tiende a retornar hacia la superficie cortada del pecíolo. El instante de retorno se verifica cuando la presión aplicada iguala la tensión del xilema, en el momento del corte. El valor negativo de presión representa el potencial medio de la agua en la hoja. Un valor de presión aplicada elevado significa una tensión o un potencial hídrico elevado y, por lo tanto, un nivel elevado de stress.

Las mediciones fueron siempre efectuadas sobre hojas adultas en buen estado físico y sanitario, situadas en el tercio medio de la vid y bien expuestas. Se midieron 2 hojas por modalidad de riego y por parcela, totalizando, por cada medición, 32 hojas en 2007 y 40 hojas en 2008. En cada año, las fechas de medición fueron de 8. Se iniciaron a mediados de junio, próximo a la fase de racimos cerrados, y terminaron algunos días antes de la cosecha, con intervalos de cerca de dos semanas hasta el envero y de una semana después del envero.

Los cambios gaseosos en las hojas fueron medidos utilizando un sistema portátil IRGA (analizador de gas por infrarrojos, modelo LICOR – 6400). Este equipamiento está compuesto por un analizador de dióxido de carbono (CO₂) a infrarrojos, una cámara foliar, una unidad de suministro de aire, para alimentación de la cámara a un

determinado flujo de CO₂ y agua, y una unidad de almacenamiento de datos. La cámara está equipada con sensores de temperatura (de la hoja y del aire) y con un sensor de radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa)⁶

Con este analizador se registraron los siguientes parámetros: tasa fotosintética líquida, A ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); conductancia estomática, g_s ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); tasa de transpiración, E ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Posteriormente, se calculó la eficiencia intrínseca de uso del agua, WUE_i ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$), mediante:

$$WUE_i = \frac{A}{g_s}$$

Las mediciones se realizaron con luz saturante, para que las variaciones de intensidad luminosa no influyeran las lecturas, fijándose la radiación PAR en $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Los registros se efectuaron en hojas sanas, adultas y expuestas.

En 2007, se realizaron mediciones en tres días (3, 9 y 22 de agosto), sólo en las parcelas con vegetación espontánea, en tres plantas por cada modalidad de riego, de modo que, en cada uno de los días de medición se totalizaron 24 registros (3 vides x 4 modalidades x 2 parcelas).

En 2008, se tienen registros de cuatro días (10, y 29 de julio; 7 y 19 de agosto). Las mediciones se efectuaron en todas las parcelas, en dos plantas de las modalidades A, D y SE. Así, se totalizan en cada uno de los días de medición 24 registros (2 vides x 3 modalidades x 4 parcelas).

Los datos de los parámetros eco-fisiológicos se presentan en Anexo IX (Tablas A.17 a A.22).

⁶ Corresponde a la banda 0,4 – 0,7 μm del espectro de radiación solar.

3.11. Monitorización del contenido en agua del suelo

El estudio hidrológico del suelo fue realizado a través del método neutrónico. Para tal, fueron instalados tubos de aluminio de acceso a la sonda de neutrones, a lo largo de los cuales ésta desciende, emitiendo neutrones rápidos y, al paso de 20 cm, registra un contejo de neutrones lentos, desde la superficie del suelo hasta al máximo de 280 cm de profundidad, en el caso de los tubos más profundos.

Se emplearon cuatro sondas TROXLER 4300, calibradas por la combinación del método expedito e del método riguroso de acuerdo con la metodología de Pacheco (1989). Se obtiene el contenido de humedad en masa de muestras recogidas a cuando de la perforación del suelo para instalación de los tubos de acceso (método expedito). Para determinación de la densidad aparente y del contenido de humedad en masa se recogen en perfil abierto muy próximo del tubo de aluminio, muestras de volumen conocido, en niveles coincidentes con las profundidades de posicionamiento de la sonda (método riguroso). La calibración de la sonda 1 se efectuó por regresión lineal de los pares de valores de contenidos medios de humedad en volumen, calculados a partir de las multiplicaciones del contenido en masa por la densidad aparente y los contajes normalizados medios de la sonda, para cada nivel de posicionamiento de la sonda.

La calibración de las restantes sondas se realizó por regresión lineal entre las lecturas de la sonda 1 en 3 – 4 tubos y las lecturas ejecutadas simultáneamente con otra sonda (2, 3 o 4) en los mismos tubos. Las ecuaciones de calibración obtenidas se presentan en el ANEXO X.1 (Tabla A.23).

Pacheco (1989) refiere que se obtiene mayor precisión en la calibración cuando esta se hace con una curva específica para la camada 0-20 cm y con otras curvas diferenciadas siempre que el perfil pedolítico presente horizontes o camadas contrastantes. En el primer caso, esta se justifica para tener en cuenta la amplitud de la esfera de influencia de la sonda que, siendo superior a 20 cm, implica una pérdida de neutrones rápidos para la atmosfera, produciendo a una subestimación del contenido en humedad del suelo. En el segundo caso se considera la influencia de la densidad aparente o la

Los valores de porcentaje de humedad del suelo obtenidos a partir de la medición de las sondas permiten determinar el contenido de agua en milímetros en los niveles de suelo abarcados por el tubo, haciendo

$$\theta_{h,i} = \frac{\theta_{v,i}}{100} \cdot Z_i ,$$

donde:

$\theta_{h,i}$ – altura de agua en la capa i (mm);

$\theta_{v,i}$ – contenido volumétrico de humedad en la capa i ($i = 1, 2, \dots, 14$);

Z_i – espesor de la capa i ($i = 1, 2, \dots, 14$) (mm).

Como algunos de los tubos de acceso a las sondas fueron enterrados a una profundidad de 2,80 m, consideramos que el espesor máximo del perfil era de 2,90 m. Así, en el caso de los tubos colocados hasta la profundidad de 2,80 m, se tienen 14 capas, como se describe en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 – Número de capas y sus espesores, considerando tubos hasta una profundidad de 290 cm.

i	Nivel (cm)	Capa (cm)	Z_i (mm)
1	20	0 – 30	300
2	40	30 – 50	200
3	60	50 – 70	200
4	80	70 – 90	200
5	100	90 – 110	200
6	120	110 – 130	200
7	140	130 – 150	200
8	160	150 – 170	200
9	180	170 – 190	200
10	200	190 – 210	200
11	220	210 – 230	200
12	240	230 – 250	200
13	260	250 – 270	200
14	280	270 – 290	200

La monitorización de agua en el suelo con las sondas de neutrones fue realizada cada dos o tres semanas, hasta el inicio de la irrigación y semanalmente después de esta fecha. Con base en los registros obtenidos se estudiaron:

- ➡ La evolución temporal del contenido en agua del suelo, a partir de la cual se obtuvieron los perfiles de desecamiento a lo largo del ciclo de crecimiento de las vides. Para este análisis se consideró una profundidad máxima de 290 cm.
- ➡ El almacenamiento de agua en todo el perfil, admitiendo que el volumen de suelo explorado por las raíces tenía una profundidad de 270 cm, teniendo en cuenta que la mayoría de los tubos fueron instalados hasta 260 cm.
- ➡ El almacenamiento de agua en las capas 0 - 50 cm, 50 - 100 cm, 100 - 200 cm y 200 - 270 cm.
- ➡ La variación mensual en el consumo hídrico de las vides y del *cover crop*, considerando 3 compartimientos – superficial (0-50 cm), intermedio (50 – 100 cm) y profundo (100 – 200 cm) – en 2 zonas – línea y entrelínea. O sea, en un total de 6 compartimientos de suelo.

La obtención de los perfiles hídricos se realizó con los datos de contenido volumétrico de humedad - θ_v - en las 14 capas de suelo referidas anteriormente, registrados por las sondas. En 2007, se efectuó esta monitorización en 15 días del ciclo, entre 28 de marzo y 28 de agosto. En 2008, tenemos datos de 14 días, desde 5 de marzo hasta 26 de agosto.

La metodología utilizada en la definición de los perfiles hídricos de máximo almacenamiento y de máximo desecamiento es la descrita en Pacheco (1989) y designada por el método de las fluctuaciones. En éste se evalúa de forma aproximada, a partir del registro periódico de los perfiles hídricos de humedecimiento y de desecamiento, los perfiles de pseudo-equilibrio máximo y mínimo correspondientes a los perfiles de máximo almacenamiento y de máximo desecamiento, respectivamente.

Para el estudio del almacenamiento y de la extracción de agua, se comenzó por determinar los contenidos en humedad en las cuatro capas mencionadas y en todo el perfil, calculados de la siguiente forma:

$$\theta_{h,1} = \theta_{h(0-50cm)} = \frac{\theta_{v,1}}{100} \cdot z_1 + \frac{\theta_{v,2}}{100} \cdot z_2$$

$$\theta_{h,2} = \theta_{h(50-100cm)} = \sum_{i=3}^4 \frac{\theta_{V,i}}{100} \cdot z_i + \frac{\theta_{V,5}}{100}$$

$$\theta_{h,3} = \theta_{h(100-200cm)} = \frac{\theta_{V,5}}{100} + \sum_{i=6}^9 \frac{\theta_{V,i}}{100} \cdot z_i + \frac{\theta_{V,10}}{100}$$

$$\theta_{h,4} = \theta_{h(200-270cm)} = \frac{\theta_{V,10}}{100} + \sum_{i=11}^{13} \frac{\theta_{V,i}}{100} \cdot z_i$$

$$\theta_{h(0-270cm)} = \sum_{k=1}^4 \theta_{h,k} ,$$

donde:

$\theta_{h,k}$ – altura de agua en la capa k ($k = 1, 2, \dots, 4$) (mm).

Con los valores de máximo almacenamiento, $\theta_{h(0-270cm)Max}$, y de máximo desecamiento, $\theta_{h(0-270cm)Min}$, obtenidos para cada modalidad en los diferentes tipos de cobertura x suelo a lo largo del ciclo se calculó, por el método de las fluctuaciones el agua transpirable total, *TTSW* (*Total Transpirable Soil Water*), aplicando una metodología semejante a la descrita por Pacheco (1989) y por Lopes *et al.* (2001):

$$TTSW (0 - 270 \text{ cm}) = \theta_{h(0-270cm)Max} - \theta_{h(0-270cm)Min}$$

Para evaluar la variación temporal del agua disponible en cada modalidad en los diferentes tipos de cobertura x suelo, *ASW* (*Available Soil Water*), se determinó en cada fecha de monitorización:

$$ASW_j = \theta_{h(0-270cm),j} - \theta_{h(0-270cm)Min} ,$$

donde:

ASW_j – agua disponible en el perfil en el día j (mm);

$\theta_{h(0-270cm),j}$ – altura de agua en el día j (mm).

En el estudio de la extracción de agua en cada una de las 4 capas consideradas se calculó el valor de *TTSW* para el espesor correspondiente, aplicando:

$$TTSW_k = \theta_{h,k,Max} - \theta_{h,k,Min} ,$$

donde:

$TTSW_k$ – agua transpirable total en la capa k (mm);

$\theta_{h,k,Max}$ – máximo almacenamiento en la capa k (mm);

$\theta_{h,k,Min}$ – máximo desecamiento en la capa k (mm).

Se efectuó también el análisis de la evolución temporal del agua disponible, en las cuatro capas referidas anteriormente. Para este análisis, se determinó a lo largo del ciclo de desarrollo de la vid y en cada capa:

$$ASW_{k,j} = \theta_{h,k,j} - \theta_{h,k,Min} ,$$

donde:

$ASW_{k,j}$ – agua disponible en la capa k y en el día j (mm);

$\theta_{h,k,j}$ – altura de agua en la capa k y en el día j (mm).

Por último, para profundizar en el estudio de la dinámica de extracción de agua por la vid y por el *cover crop*, se efectuó el cálculo de la variación mensual del almacenamiento de agua en diferentes zonas del suelo, siguiendo una metodología análoga a la de Celette *et al.* (2008).

Para ello, se identificaron 6 compartimientos de suelo, distribuidos de la siguiente manera: 3 compartimientos en la línea, representativos de 3 capas de suelo - superficial (SL), intermedia (IL) y profunda (PL) – y 3 compartimientos en la entrelínea, en correspondencia con las capas en la línea – SEL, IEL y PEL (Figura 3.11).

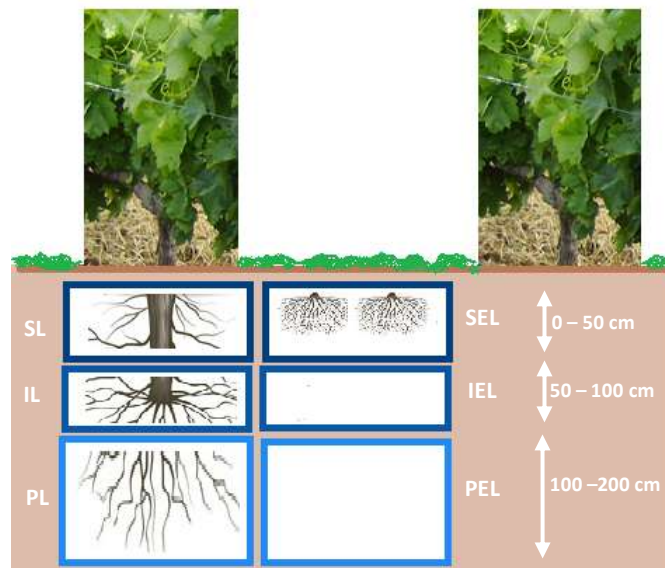


Figura 3.11 – Representación de los compartimientos de suelo considerados para análisis de la extracción de agua por la vid y por el *cover crop*.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Biomasa aérea de la cobertura del suelo

La producción de biomasa seca del encespedado fue muy diferente en los dos años ensayados: en 2007, la media total fue de aproximadamente 1,6 t/ha, aumentando para un valor medio total de cerca de 5,8 t/ha, en 2008 (Tabla 4.1 y Figura 4.1).

Tabla 4.1 – Efecto del tipo cobertura x suelo en la biomasa aérea (materia seca total) del cultivo de cobertura.

Fuente de variación	Materia seca total (g/m ²)
2007	
tipo cobertura x suelo	ns
CCI	142,33
CCII	178,55
2008	
tipo cobertura x suelo	*
VEI	330,56 b
VEII	333,18 b
CCI	807,70 a
CCII	837,54 a

- En cada año y columna, y para cada factor, diferentes letras indican diferencias significativas para $p < 0,05$ según el teste de Tukey.
- * y ns indican significancia para $p < 0,05$ y no significancia, respectivamente.

Si analizamos las producciones obtenidas bajo diferentes sistemas de conducción de la superficie del suelo, verificamos que, al contrario de lo que ocurre en 2007, en el año de 2008 hay una clara diferencia entre la biomasa producida en el *cover crop* cultivado y en la vegetación espontánea. De hecho, los valores en 2008 revelan que en el primer sistema, en ambos suelos estudiados, el cultivo de cobertura sembrado produce, de media, cerca de 2,5 veces más.

Biomasa aérea de la cobertura del suelo

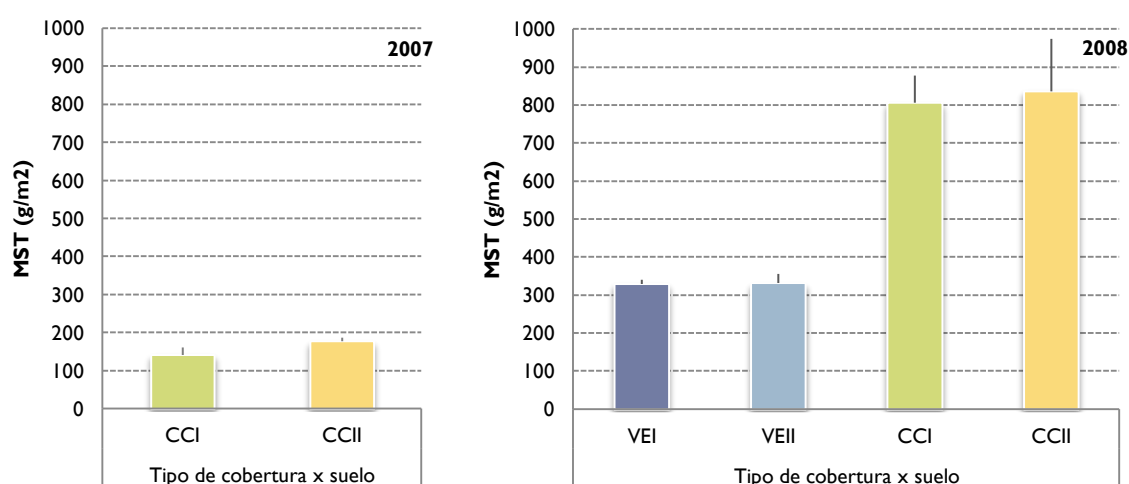


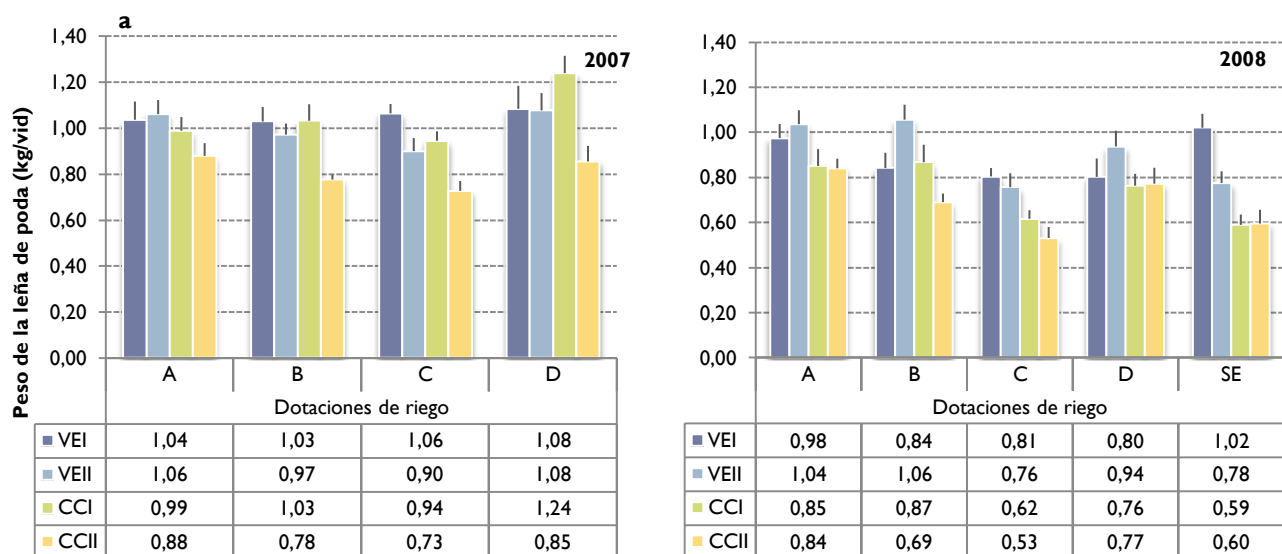
Figura 4.1 – Efecto del tipo cobertura x suelo en la biomasa aérea del cultivo de cobertura (materia seca total). Las columnas representan la media de 8 registros (2 x 4 modalidades de riego) y las barras a gris corresponden al error padrón.

Importa destacar que en 2008 las leguminosas empezaron a dominar en la entrelínea con *cover crop*. En este año, por razones meteorológicas, la vegetación no fue desbrozada en febrero – en simultáneo con el desbrozo de la leña de poda. En marzo se encontraba en floración, por lo que se optó por no cortar en esta fase, evitando colocar en riesgo la auto-regeneración del *cover crop*. Así, la producción de biomasa y de semillas fue muy grande, originando un crecimiento excesivo y, por lo tanto, una producción exagerada de biomasa.

4.2. Vigor y rendimiento

Los resultados de los análisis estadísticos efectuados y las representaciones gráficas referentes a las variables descriptivas del vigor de las vides se presentan en la Figura 4.2 y en la Tabla 4.2.

Peso de leña de poda



Índice de Ravaz

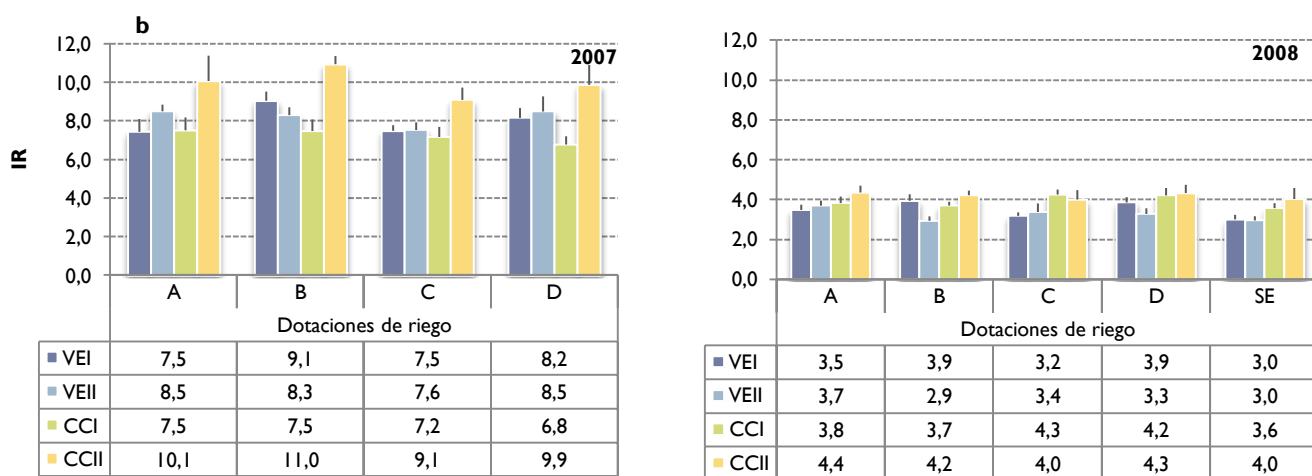


Figura 4.2 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el vigor (a - peso de leña de poda; b - índice de Ravaz). Las columnas representan la media de 10 registros y las barras a gris corresponden al error padrón.

Tabla 4.2 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el vigor (peso de leña de poda e IR – índice de Ravaz), en el rendimiento (producción por hectárea) y sus componentes (número de racimos por cepa y peso por racimo). Efecto de las dotaciones de riego en *CWPF* (*crop water productivity function*).

Fuente de variación	Peso de leña de poda (kg/vid)	IR	Producción (t/ha)	Nº de racimos /vid	Peso / racimo(g)	CWPF (kg/m ³)
2007						
tipo cobertura x suelo	*	*	*	*	ns	
VEI	1,05 a	8,0 a	29,98 a	22,2 a	382,7	
VEII	1,06 a	8,5 a	28,84 ab	22,5 a	361,0	
CCI	0,97 a	8,3 a	26,47 b	19,7 b	378,3	
CCII	0,90 b	7,6 b	27,91 ab	21,0 ab	375,2	
dotaciones de riego	*	ns	*	ns	*	*
A	0,99 ab	8,4	28,97 a	21,6	379,0 ab	14,4 d
B	0,95 ab	9,0	29,37 a	22,1	376,5 ab	19,6 c
C	0,91 b	7,8	24,89 b	20,1	351,0 b	41,5 a
D	1,06 a	8,3	29,98 a	21,6	390,6 a	28,8 b
interacción	ns	ns	ns	ns	ns	
2008						
tipo cobertura x suelo	*	*	ns	ns	ns	
VEI	0,89 a	3,5 bc	10,81	16,2	187,3	
VEII	0,91 a	3,3 c	10,40	16,0	179,5	
CCI	0,74 b	3,9 ab	10,05	15,8	177,4	
CCII	0,69 b	4,2 a	9,92	15,6	177,7	
dotaciones de riego	*	ns	*	*	*	*
A	0,93 a	3,8	12,41 a	16,4 ab	211,7 a	5,9 c
B	0,86 a	3,7	11,11 a	16,3 ab	189,7 b	7,0 c
C	0,68 c	3,7	8,49 b	14,9 b	160,7 cd	15,7 a
D	0,82 ab	3,9	10,91 a	16,8 a	181,5 bc	10,3 b
SE	0,75 bc	3,4	8,56 b	15,1 ab	158,8 d	
interacción	*	ns	ns	ns	ns	

- En cada año y columna, y para cada factor, diferentes letras indican diferencias significativas para $p < 0,05$ según el teste de Tukey.
- * y ns indican significancia para $p < 0,05$ y no significancia, respectivamente.

En lo que respecta al peso de la leña de poda, se comprueba la existencia de diferencias significativas en ambos años, ya sea para el efecto del tipo de cobertura x suelo, ya para el efecto de la modalidad de riego. Además, existe una interacción entre los dos factores con efectos en la respuesta de la variable. Hay una disminución de la cantidad de madera de poda en las parcelas CCI y CCII, indicando una quiebra de vigor resultante de la competencia promovida por el *cover crop*. Este efecto es más evidente en 2008, lo que está de acuerdo con la producción de biomasa seca del cultivo de cobertura, discutida anteriormente.

El peso de la madera de poda está positivamente relacionado con la cantidad de agua de riego. Así lo indican los valores medios para cada dotación, principalmente los verificados en 2008, en las parcelas con *cover crop*. Es posible que la menor disponibilidad hídrica experimentada por las plantas como resultado de un período otoño-invierno poco lluvioso y de la extracción de agua ejercida por el cultivo de cobertura durante la primavera, induzca una mayor dependencia del riego para el desarrollo vegetativo.

El cociente Producción / Peso de leña de las cepas, o sea, el índice de Ravaz, presenta valores muy diferentes en los dos años de estudio. En 2007, los valores medios varían entre 7,2 y 11,0. En 2008, los valores medios disminuyen hasta el intervalo 3,0 a 4,4.

Como se refirió en el subcapítulo 3.1, la composición florística del *cover crop* está dominada por leguminosas. La simbiosis de sus raíces con *Rhizobium*, en el proceso de fijación biológica del nitrógeno, promueve, por vía enzimática (fosfatase), una extracción del fósforo existente en la materia orgánica del suelo que, junto con el nitrógeno, es incorporado a la biomasa aérea y subterránea del *cover crop*. En los meses de abril y mayo, la falta disponibilidad de fósforo para las vides es crítica para el crecimiento de los brotes, originando una reducción del vigor.

No se verifican diferencias significativas del Índice de Ravaz entre dotaciones de riego. De este modo, con base en los resultados obtenidos, no podemos comprobar que un riego deficitario origine un mayor equilibrio productivo, cuando comparamos con dotaciones de confort hídrico.

El rendimiento (producción por hectárea) de la viña se redujo a menos de la mitad entre 2007 y 2008, como se puede constatar en la Tabla 4.2. y observando las gráficas de la Figura 4.3.

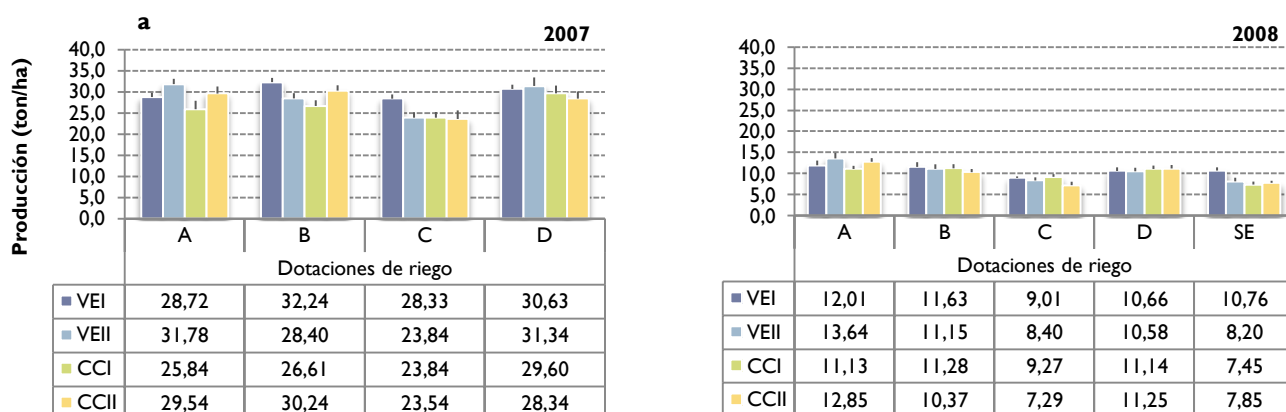
Cuando analizamos los componentes del rendimiento, verificamos que de un año para otro, el número de racimos se redujo en una media de 5 por vid. El peso por racimos presento una disminución media de 190 g.

Estamos en presencia de dos años caracterizados por rendimientos muy dispares, de manera que el año 2007 presentó, comparativamente a los valores habituales de productividad de la variedad, una sobreproducción debida, probablemente a las lluvias ocurridas post-floración, que favorecieron la división y expansión celular y consecuentemente el tamaño de las uvas. En 2008, por otro lado, la exagerada producción de biomasa del *cover crop*, originó un desequilibrio en el vigor de las vides con consecuencias en su capacidad productiva, más evidente en el nº de racimos/vid.

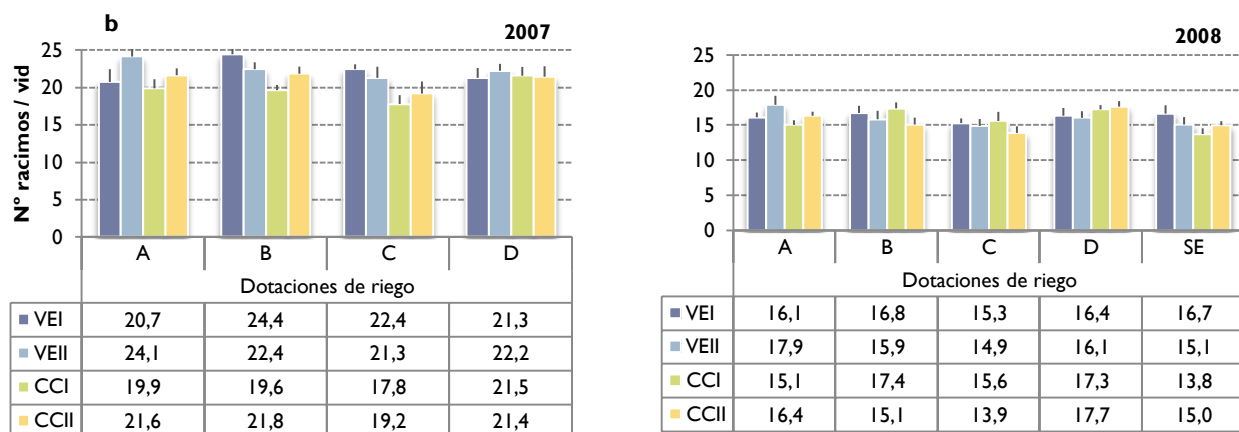
El efecto del tipo de cobertura x suelo sólo es estadísticamente significativo en 2007. En concreto, la producción/ha y el nº de racimos/vid es mayor en las parcelas con vegetación espontánea en la entrelínea, siendo la parcela con *cover crop* del suelo 1 aquella que presenta menores valores, en ambos casos. De este modo, es posible conjeturar que el efecto del cultivo de cobertura va más allá de la influencia en el vigor de las plantas, afectando también, aunque de manera indirecta, a los procesos metabólicos post-floración, como resultado de la competición ejercida durante los primeros estados fenológicos. Además, la profundidad de la espesura arcillosa del *pédon* del suelo 1 es menor que la del suelo 2, por lo que habrá que tener en cuenta, una menor cantidad de agua almacenada.

La producción de las vides es mayor, como sería de esperar, en las modalidades de riego con mayores dotaciones. Los resultados de los análisis estadísticos muestran diferencias significativas de rendimiento y sus componentes como resultado de diferentes dotaciones de riego. Las excepciones son, en el año de 2007, el nº de racimos/vid, donde no se encuentran diferencias significativas, y el peso/racimo, en el que es la dotación del agricultor la que presenta los mayores valores.

Producción por ha



Número de racimos por vid



Peso por racimo

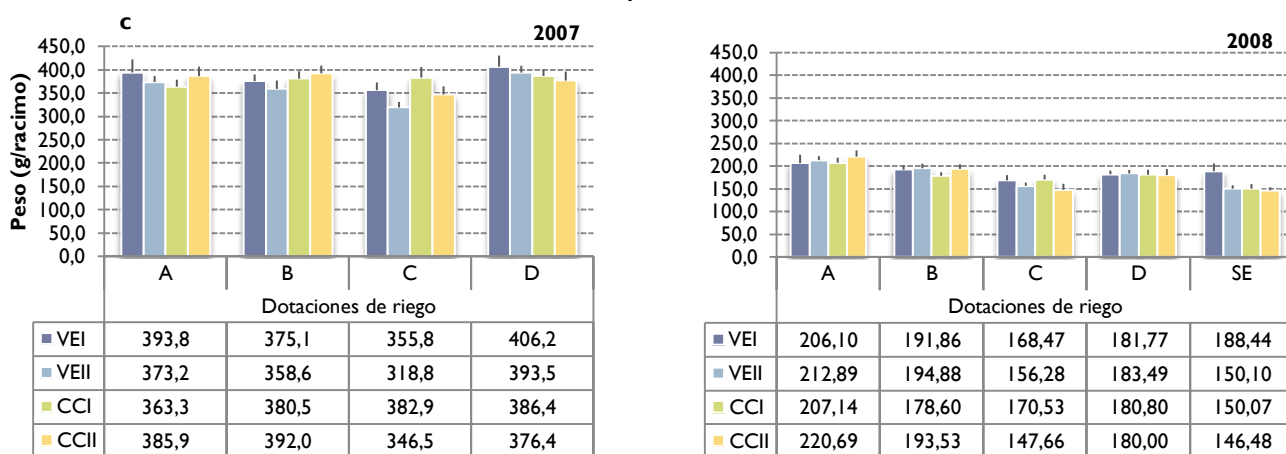


Figura 4.3 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el rendimiento y sus componentes (a - producción por hectárea; b - número de racimos por vid; c - peso por racimo). Las columnas representan la media de 10 registros y las barras a gris corresponden al error padrón.

No obstante, en 2008, a pesar de que las modalidades de riego ultra deficitario (C) y de seco (SE), presentaron producciones menores en cerca de 4 t/ha, con respecto a la modalidad de máximo confort hídrico (A), las producciones medias logradas están próximas a lo que es normal para la variedad Aragonez, y no se verificó por lo tanto, una situación de quiebra exagerada de la producción. En 2007, en las vides regadas con la dotación ultra deficitaria se obtiene, así mismo, una producción muy superior a los valores normales.

Con el objetivo de efectuar un análisis más pormenorizado de las relaciones entre riego y producción, se efectuó el cálculo de la función de productividad del agua de riego (CWP – *crop water productivity*), tal como definida por Helweg (1991) y utilizada en Williams *et al.* (2010). Los resultados se muestran en la Tabla 4.2 y en la Figura 4.4.

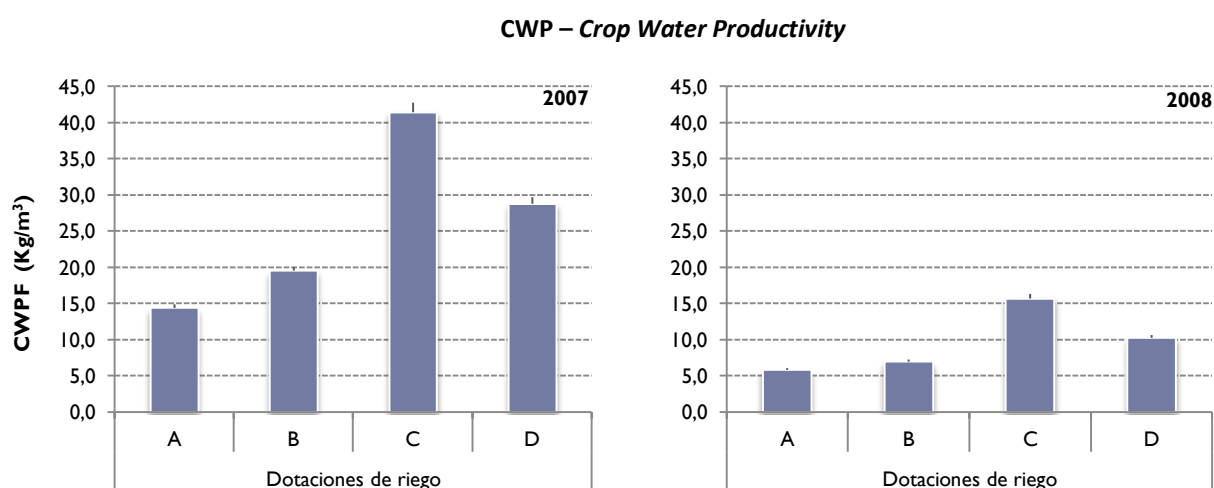


Figura 4.4 – Efecto de las dotaciones de riego en la productividad con relación a la agua de riego aplicada (CWP). Las columnas representan la media de 40 registros (10 x 4 tipos de cobertura) y las barras a gris corresponden al error padrón.

Indudablemente, la maximización de la producción por unidad de agua aplicada en el riego crece con la disminución de la cantidad de agua aplicada, en cualquiera de los años de ensayo. Las diferencias entre dotaciones de riego son significativas, con la modalidad de riego deficitario mostrando valores muy superiores a las restantes. Así, unido a valores de producción/ha muy elevados en 2007 y más bajos en el año siguiente, pero todavía próximos a lo esperado, tenemos, el enorme provecho de maximizar un recurso oneroso, tanto del punto de vista económico como ambiental.

4.3. Calidad de la producción

4.3.1. Composición de las uvas

Los resultados de los análisis efectuados a la composición de las uvas, en la fecha de cosecha se encuentran sintetizados en la Tabla 4.3.

Se identifica un aumento del contenido de sólidos solubles (expreso en grado Brix) en el año 2008 respecto a 2007 (Figura 4.5). El análisis estadístico revela, en 2007, diferencias significativas entre dotaciones de riego y, es de señalar que la dotación de máximo confort hídrico (A) es la que presenta los mayores valores, mientras que la modalidad de menos agua de riego registra los menores valores. De todos modos, el intervalo de valores medios se sitúa entre 21,4ºBx y 23,2ºBx.

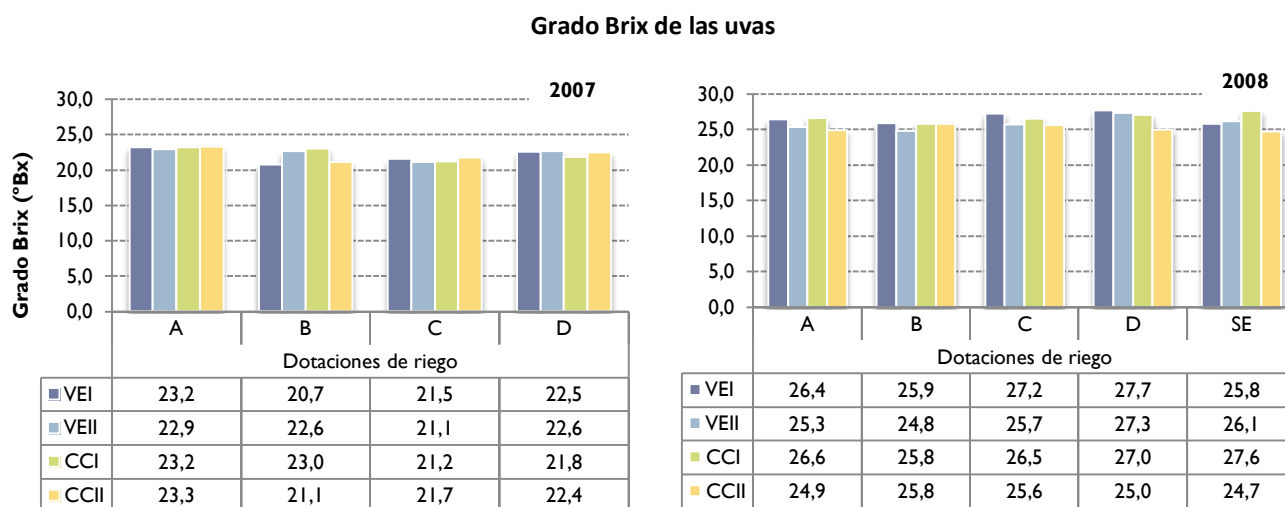


Figura 4.5 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el contenido en sólidos solubles de las uvas (grado Brix).

Tabla 4.3 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la composición de las uvas a la cosecha.

Fuente de variación	Grado Brix (°Bx)	pH	Acidez total (g de ácido tartárico/dm³)	Índice de polifenoles totales (%)	Concentración de antocianos totales (mg/dm³)	Concentración de taninos totales (mg/dm³)
2007						
tipo cobertura x suelo	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
VEI	22,0	3,60	3,48	36,7	795,5	393,64
VEII	22,3	3,58	3,48	40,4	879,3	307,52
CCI	22,3	3,53	3,70	45,8	1015,8	393,31
CCII	22,1	3,55	3,58	45,1	1000,3	339,97
dotaciones de riego	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*
A	23,2 a	3,53	3,83	43,2	1007,8	428,18 a
B	21,9 ab	3,60	3,38	38,5	849,0	348,02 ab
C	21,4 b	3,58	3,48	43,7	892,0	397,78 a
D	22,3 ab	3,55	3,55	42,7	942,0	260,45 b
2008						
tipo cobertura x suelo	*	*	*	*	*	
VEI	26,6 a	3,80 a	3,80 b	53,4 ab	1097,6 ab	
VEII	25,8 ab	3,58 b	4,40 a	52,6 ab	1154,0 ab	
CCI	26,7 a	3,72 a	3,94 ab	55,8 a	1203,2 a	
CCII	25,2 b	3,76 a	4,02 ab	43,3 b	896,0 b	
dotaciones de riego	<i>ns</i>	*	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
A	25,8	3,68 ab	4,38 ab	46,2	993,0	
B	25,6	3,65 b	4,48 a	52,0	1161,3	
C	26,3	3,73 ab	3,75 bc	57,6	1192,0	
D	26,8	3,78 a	4,08 abc	46,8	1002,0	
SE	26,1	3,75 ab	3,53 c	54,0	1090,3	

- En cada año y columna, y para cada factor, diferentes letras indican diferencias significativas para $p < 0,05$ según el teste de Tukey.
- * y *ns* indican significancia para $p < 0,05$ y no significancia, respectivamente.

Este resultado va en contra de la idea usualmente defendida de que menores cantidades de agua favorecen la concentración de azúcares en las bayas. Es decir que, de acuerdo con los resultados obtenidos, la relación directa entre el stress hídrico y grado Brix no se puede efectivamente establecer, tal como verificaron Ojeda *et al.* (2002) en su estudio sobre los efectos de la restricción hídrica en los parámetros cualitativos de las bayas en la variedad Shiraz.

El pH de las uvas se mantuvo más o menos estable de un año para el siguiente y se observa un ligero aumento de acidez total. En 2007, no se encuentran diferencias entre tipos de cobertura x suelo o entre dotaciones de riego. En 2008, a pesar de los pequeños intervalos de variación de los valores, el modelo identifica diferencias en los dos parámetros, resultantes de ambos factores.

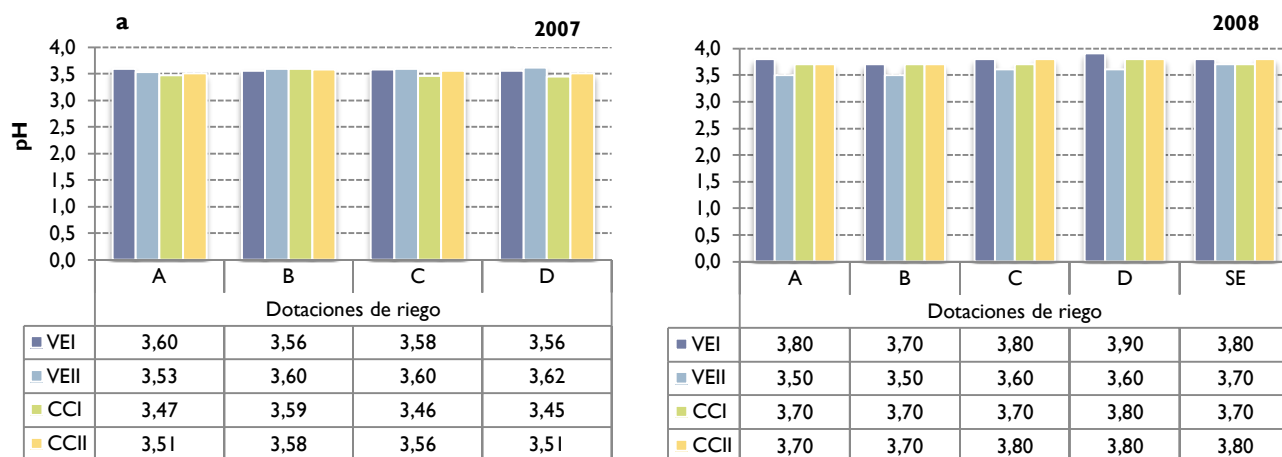
El pH es mayor en las uvas en el suelo 1 y en las modalidades de menor riego. En este último caso, los resultados están de acuerdo con lo esperado, una vez que mayores aportes de agua a la planta pueden promover una reducción del pH.

También la acidez total (o concentración de ácido tartárico) aumentó con el incremento de la cantidad de agua empleada en el riego. Casi en concordancia con los resultados para el pH, se identifican diferencias de acidez total de las uvas resultantes del efecto del tipo de cobertura x suelo. En concreto, los valores más bajos de acidez ocurren en las parcelas de suelo 1 y en las parcelas de vegetación espontánea del suelo 2.

Este hecho está de acuerdo con lo que refiere Afonso (2009a), pues si el suelo 2 se presenta más húmedo durante la maduración de las uvas, estas serán más ricas en ácidos.

El índice de polifenoles totales tiene un aumento medio de casi 10% entre 2007 y 2008. La concentración de antocianos totales presenta también, de modo general, un aumento, principalmente en las modalidades menos regadas.

pH de las uvas



Acidez total de las uvas

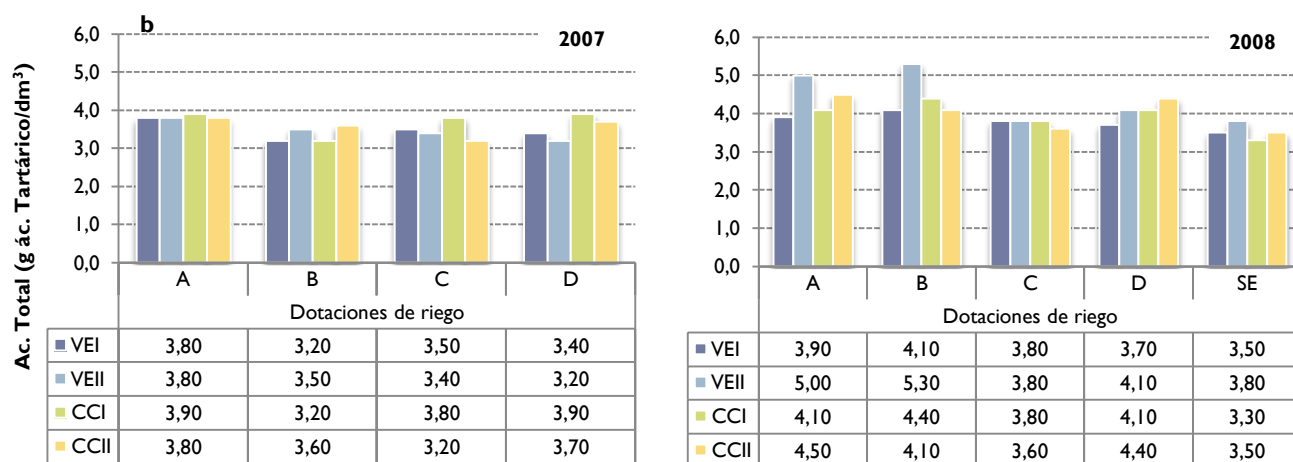
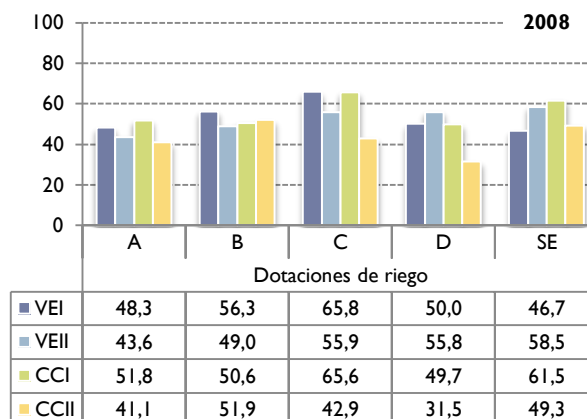
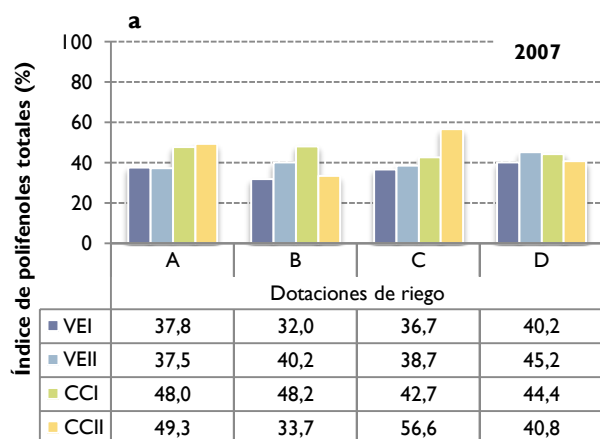


Figura 4.6 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la acidez de las uvas (a – pH; b - acidez total).

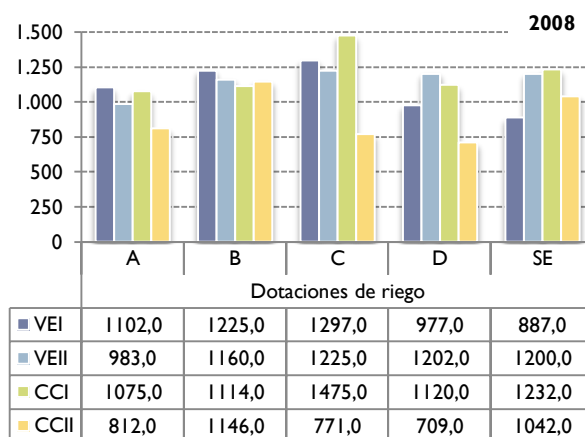
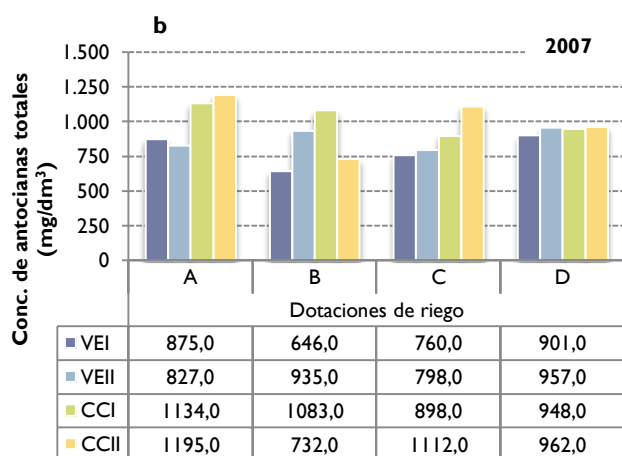
Estos resultados apuntan para una relación inversa entre el rendimiento y composición fenólica en las uvas (Figura 4.7). Por otro lado, la cantidad de antocianos, así como de protoantocianos (taninos), aumenta con el crecimiento de la relación piel/pulpa que asume mayores valores cuando las uvas son más pequeñas, como ocurrió en 2008.

En este caso, las condiciones en las que discurrió el desarrollo de las uvas fueron diferentes en los dos años. La alteración de distribución de las lluvias, el aumento de producción de biomasa de las coberturas vegetales, la disminución del vigor y consecuente alteración de exposición de las hojas a la radiación disponible, como refieren Silvestre (1998) o Cabrita *et al.* (2003) pueden haber influido en la síntesis de estos compuestos.

Polifenoles totales en las uvas



Antocianos en las uvas



Taninos en las uvas

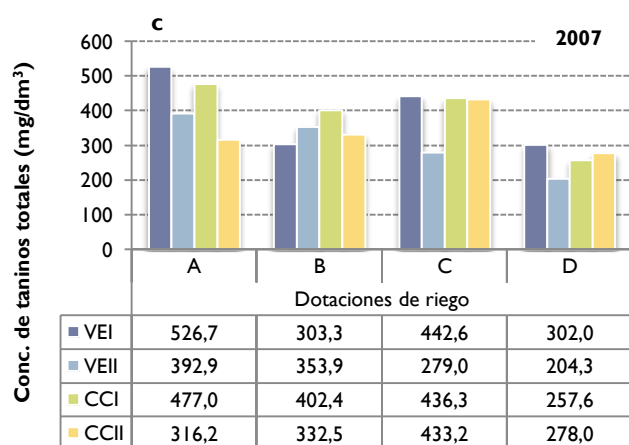


Figura 4.7 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la cantidad de compuestos fenólicos de las uvas (a - índice de polifenoles totales; b - concentración de antocianos; c - concentración de taninos).

El análisis de varianza efectuado reveló la existencia del mismo padrón de diferencias en la cantidad de ambos compuestos resultantes del efecto del tipo de cobertura x suelo, sólo en el año de 2008. En el *cover crop* del suelo 1 y del suelo 2 tenemos los mayores y los menores valores, respectivamente. Las parcelas con encespedado espontáneo no se diferencian. No se puede establecer, por lo tanto, una relación entre el tipo de cobertura y la cantidad de los compuestos de calidad en las uvas.

El modelo estadístico no encuentra diferencias significativas en lo que respecta al efecto del tipo de cobertura x suelo en la concentración de taninos, cuyos datos solo existen para el año de 2007. En cuanto a la dotación de riego, las concentraciones son mayores en la modalidad más regada y en la dotación ultra deficitaria. La síntesis de taninos se inicia antes de enero, con el máximo en el enero, por lo que el riego aplicado después de esta fase no tendrá consecuencias en la síntesis de este flavonóide.

4.3.2. Composición del vino

En la Tabla 4.4, se presentan los resultados de los análisis de varianza realizados con los valores de los parámetros de composición del vino en los dos años de estudio.

La masa volúmica no presentó variación entre los años, y los factores estudiados no tuvieron influencia en los valores obtenidos. Dado que los valores no se distinguen, no se efectuó su representación gráfica.

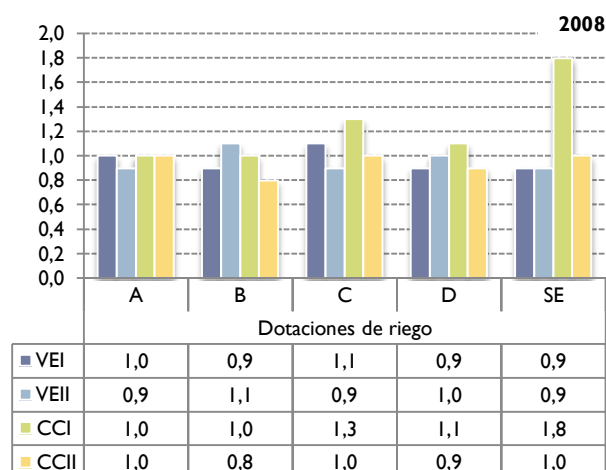
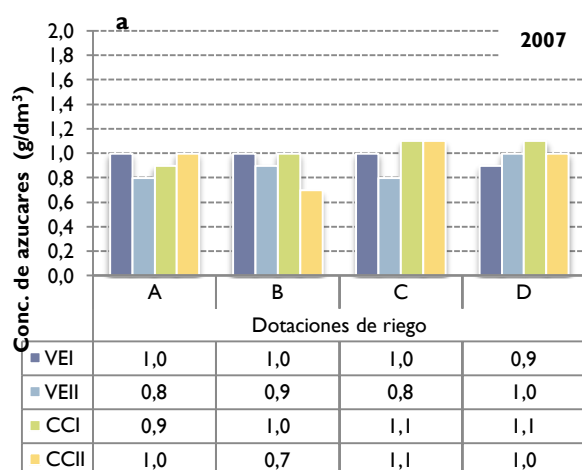
La concentración de azúcares se mostró sin alteración de 2007 a 2008 (Figura 4.8). El modelo estadístico tampoco encontró diferencias resultantes del tipo de cobertura x suelo o de las dotaciones de riego, al contrario de lo ocurrido con el grado Brix de las uvas. Con todo, en 2008, se nota que los valores verificados en las parcelas con *cover crop* del suelo 1, en la dotación ultra deficitaria y en secano, son un poco mayores.

Tabla 4.4 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la composición del vino.

Fuente de variación	Masa volúmica (g/cm ³)	Concentración de azúcares (g/dm ³)	Volumen de alcohol adquirido (%)	pH	Acidez total (g de ácido tartárico/dm ³)	Acidez volátil (g de ácido acético/dm ³)	Dióxido de azufre libre (mg/dm ³)
2007							
tipo cobertura x suelo	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>
VEI	0,992	1,0	12,0	3,53 ab	5,88	0,525 ab	52,5
VEII	0,992	0,9	11,9	3,53 ab	5,93	0,530 a	44,8
CCI	0,993	1,0	12,1	3,48 b	6,15	0,400 b	48,0
CCII	0,993	1,0	12,1	3,65 a	5,73	0,428 ab	50,0
dotaciones de riego	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
A	0,992	0,9	12,3	3,53	5,90	0,448	42,0
B	0,992	0,9	11,8	3,53	5,98	0,473	51,5
C	0,993	1,0	11,8	3,53	5,95	0,490	52,5
D	0,992	1,0	12,3	3,60	5,85	0,473	49,3
2008							
tipo cobertura x suelo	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	*	*	*	<i>ns</i>
VEI	0,991	1,0	14,8 ab	3,98 a	5,72 b	0,414 a	28,0
VEII	0,991	1,0	14,9 ab	4,00 a	5,32 c	0,298 b	33,2
CCI	0,991	1,2	15,0 a	3,89 b	6,16 a	0,494 a	29,4
CCII	0,992	0,9	14,1 b	4,00 a	5,38 c	0,296 b	32,6
dotaciones de riego	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
A	0,992	1,0	14,4	3,93	5,70 ab	0,338	27,8
B	0,992	1,0	14,6	3,98	5,85 a	0,335	36,0
C	0,991	1,1	15,2	3,97	5,65 ab	0,440	31,8
D	0,992	1,0	14,7	3,99	5,60 ab	0,355	27,5
SE	0,992	1,2	14,7	3,97	5,43 b	0,410	31,0

- En cada año y columna, y para cada factor, diferentes letras indican diferencias significativas para $p < 0,05$ según el teste de Tukey.
- * y *ns* indican significancia para $p < 0,05$ y no significancia, respectivamente.

Azúcares del vino



Volumen de alcohol del vino

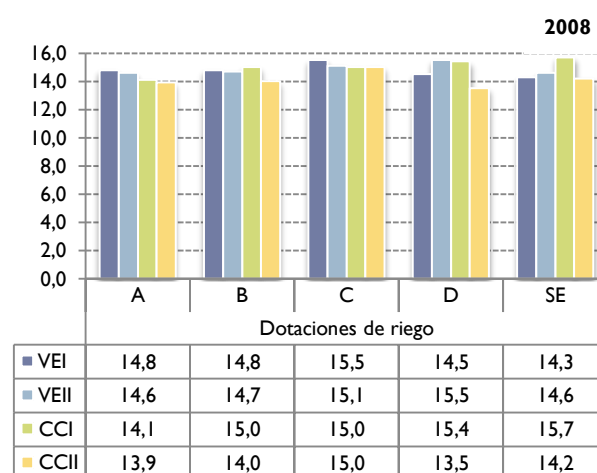
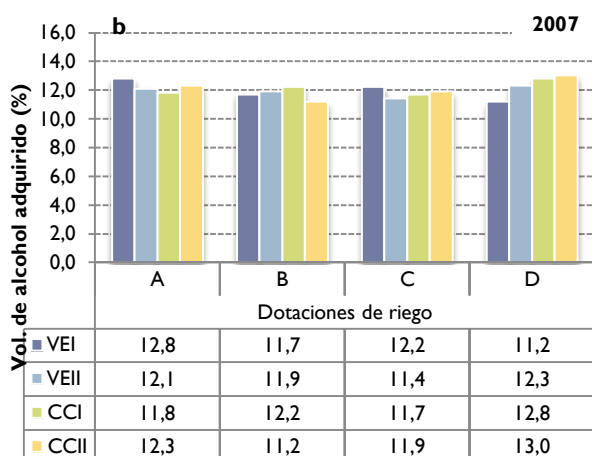
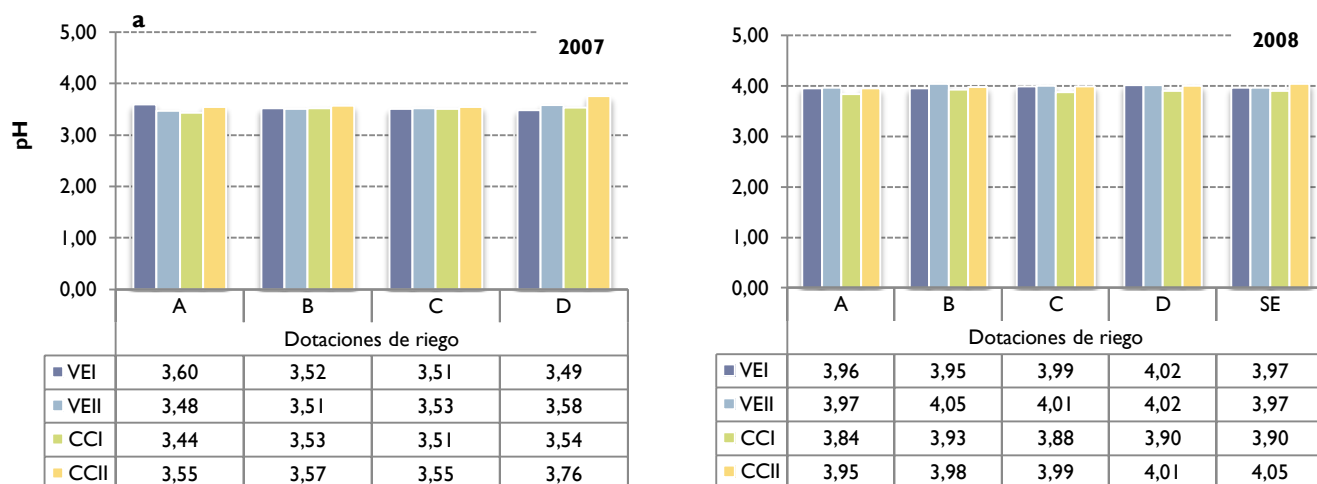


Figura 4.8 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el contenido en azúcares y alcohol del vino (a - concentración de azúcares; b - porcentaje de volumen de alcohol adquirido).

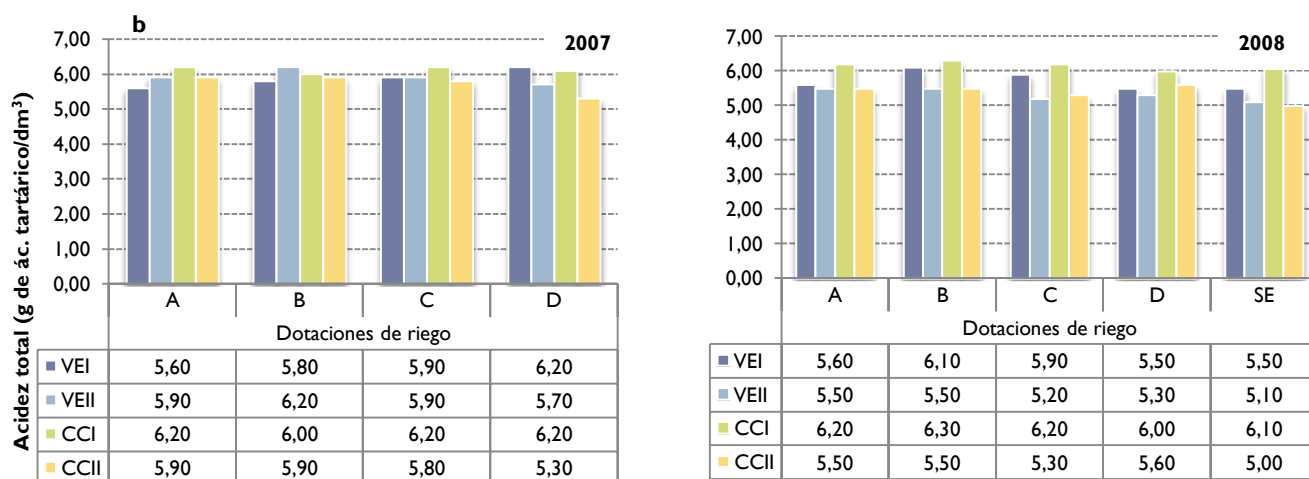
Cuando analizamos los resultados para el volumen de alcohol adquirido se encuentran diferencias por efecto del tipo de cobertura x suelo. Los valores más altos se verifican en las parcelas de encespedado sembrado del suelo 1. Otra constatación es la de que hay un ligero aumento de los valores de este parámetro en 2008, como sería de esperar, dados los resultados hasta ahora observados para los restantes parámetros de rendimiento y calidad de producción. En este año, los valores corresponden a un vino de grado alcohólico elevado.

Los valores de los parámetros relacionados con la acidez del vino se encuentran representados gráficamente en la Figura 4.9.

pH del vino



Acidez total del vino



Acidez volátil del vino

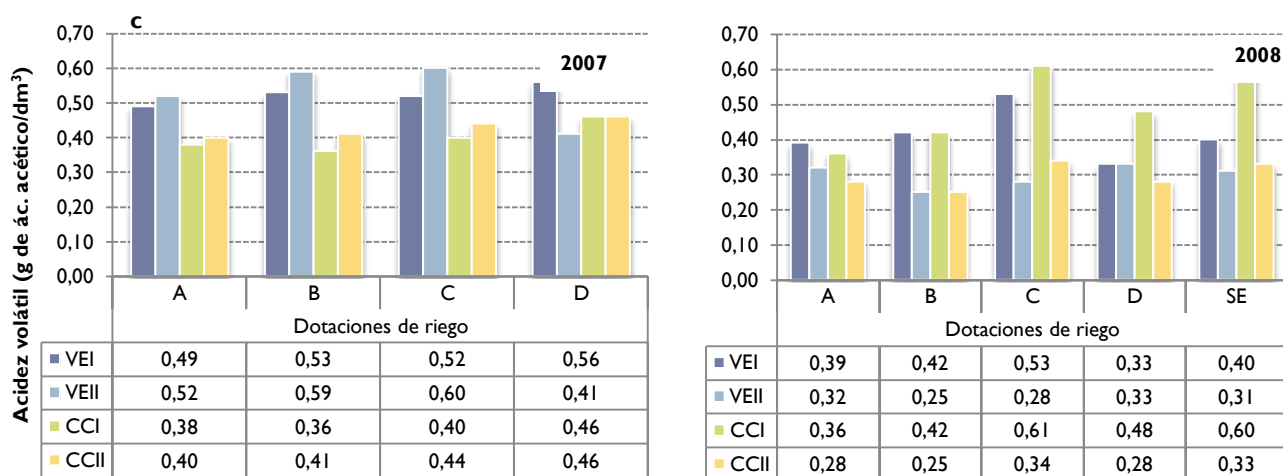


Figura 4.9 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la acidez del vino (a –pH; b - acidez total; c - acidez volátil).

Posiblemente como resultado de una menor disponibilidad de agua durante el ciclo de desarrollo, se verifica un ligero aumento de pH del año de 2007 al 2008, con valores medios de 3,54 y 3,97. Lo contrario ocurre para la acidez total (valores medios de 5,92 g/dm³ y 5,65 g/dm³, respectivamente) y volátil (valores medios de 0,47 g/dm³ y 0,38 g/dm³, respectivamente). En lo que respecta al análisis estadístico, no se encuentran diferencias significativas en ninguno de estos parámetros, en 2007. En el año siguiente, se verifica que hubo un efecto del tipo de cobertura x suelo, con los vinos más ácidos a resultaren de la combinación *cover crop* x suelo 1.

En cuanto al efecto de las dotaciones de riego, en términos estadísticos, este sólo se hace sentir en la acidez total. Se constata que la dotación que contribuye a una mayor acidez del vino es la de confort hídrico moderado. Los vinos menos ácidos ocurren en la modalidad de secano. Las restantes modalidades de riego no se distinguen entre ellas.

No fueron encontradas diferencias estadísticas en los valores de dióxido de azufre libre en ningún de los años de estudio (Figura 4.10). Sin embargo, podemos observar que estos son mayores en 2007, con valores medios de 48,8 mg/dm³, contra 30,8 mg/dm³, en 2008. Así, tal como refiere Afonso (2009b), hay una concordancia con los resultados obtenidos en ambos años para los parámetros de acidez del vino. Una vez que el pH aumentó, más SO₂ se combinó con otros compuestos del mosto y, por lo tanto, la cantidad de SO₂ en la forma libre disminuyó.

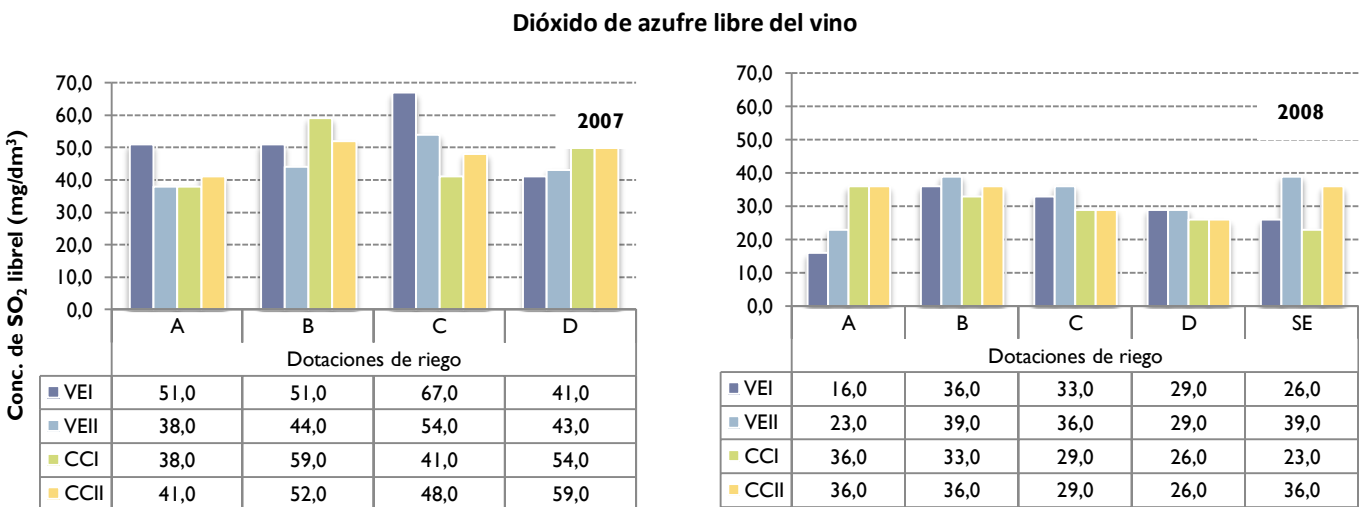


Figura 4.10 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en concentración de dióxido de azufre libre.

4.4. Eco-fisiología

4.4.1. Área foliar total

A lo largo de las tres fechas de registro en 2007, de un modo general, el área foliar aumentó entre la floración y el término de formación de los frutos, como podemos observar en la Figura 4.11.

Área foliar total - 2007

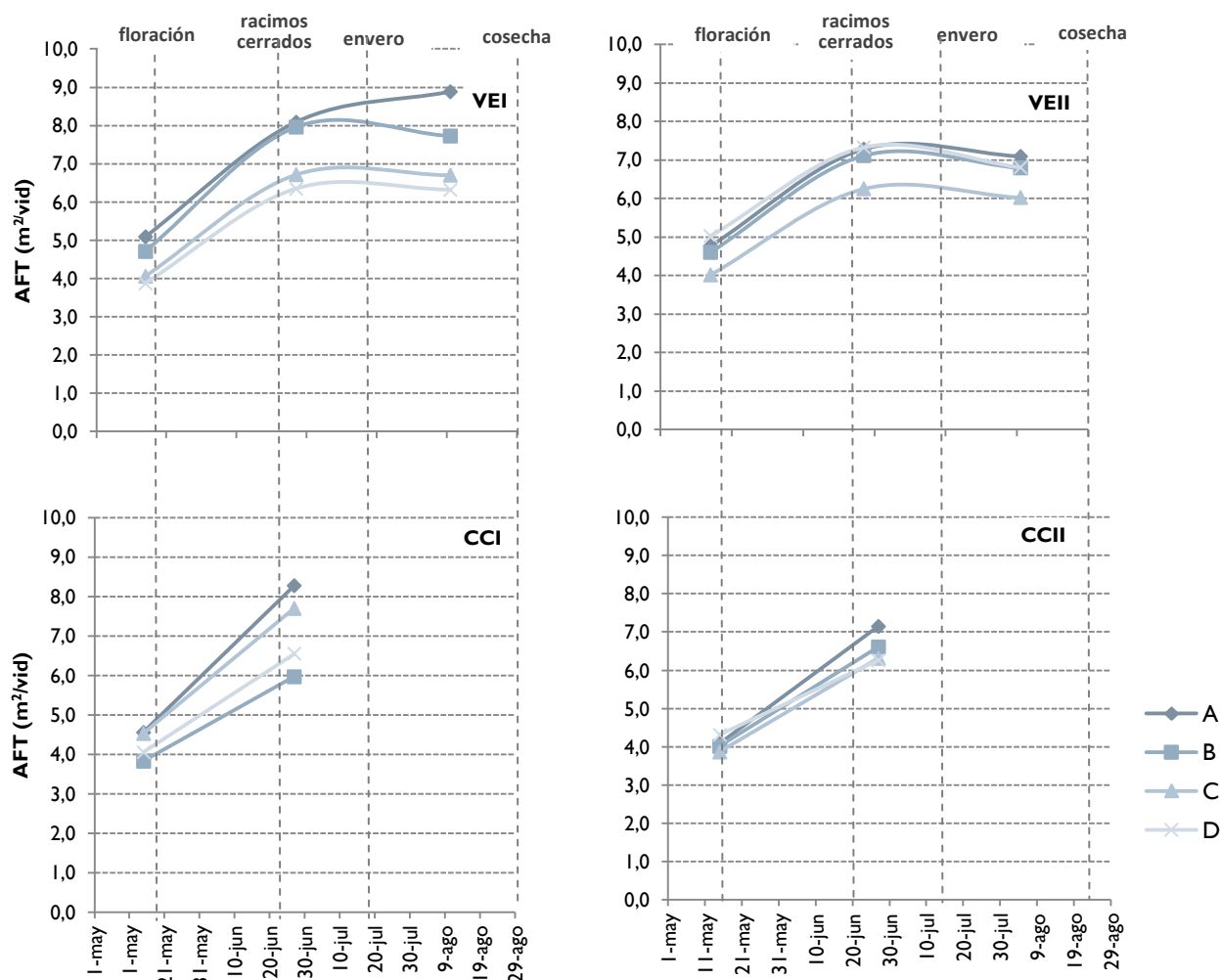


Figura 4.11 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el desarrollo de la área foliar total de las vides, durante el año de 2007. Cada punto representa la media de 6 registros.

Posteriormente, de acuerdo con los datos disponibles, se verificó un ligero descenso, en todas las dotaciones de riego, sistemas de conducción de la superficie del suelo y suelos, excepto en la dotación A, de las parcelas con vegetación espontánea del suelo 1. En esta fase, las respuestas fisiológicas de la planta son en el sentido de privilegiar el desarrollo de los frutos.

A pesar de no se disponer de datos en la tercera fecha de monitorización para las parcelas con cultivo de cobertura sembrado, se verifica, en las restantes fechas, que los valores medios de área foliar, en las varias dotaciones, son un poco mayores en las parcelas con vegetación espontánea, independientemente del tipo de suelo. Es decir que podemos inferir un efecto de disminución de la respuesta vegetativa, inducida por la presencia del encespedado sembrado.

Como se esperaba, la dotación de riego de máximo confort hídrico (A) es la que presenta los más altos valores de área foliar, en cualquiera de las fechas de monitorización y de las combinaciones de cultivo de cobertura y suelo. Los valores menores se observan, de un modo general, en las dotaciones del agricultor (D) y deficitaria (C).

En el año de 2008, se efectuaron registros de este parámetro sólo en las dotaciones A, C y SE en las parcelas no regadas, en una fecha única (Figura 4.12). Los valores obtenidos en esta fase de desarrollo de la vid, no revelan un padrón, de modo que no se destaca ninguna dotación o tipo de cultivo de cobertura x suelo.

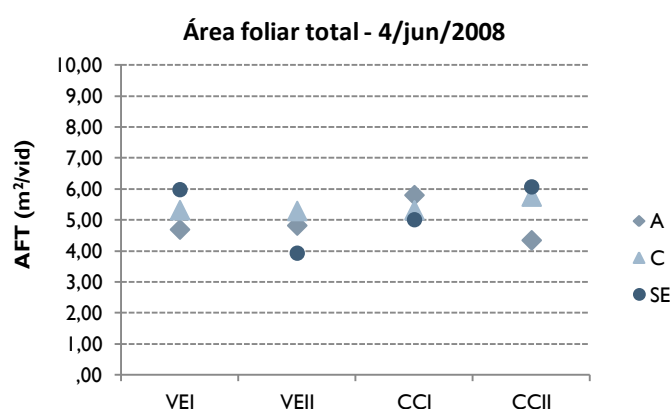


Figura 4.12 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego A, C y SE en la área foliar total de las vides, en el día 4 de Junio de 2008. Cada punto representa la media de 3 registros, excepto para la modalidad SE, donde se tiene la media de dos registros.

4.4.2. Potencial hídrico de base

La evolución y comparación de los valores de potencial de base de la hoja (ψ_b) para los dos años de estudio se presenta en las Figuras 4.13 y 4.14. En estas gráficas se incluyen también las fechas de las fases de racimos cerrados, envero y vendimia, además de señalarse en color verde los intervalos de ψ_b correspondientes al modelo de estado hídrico óptimo en las vides para producción de vino (adaptado a partir de Ojeda, 2007a).

Potencial hídrico foliar de base - 2007

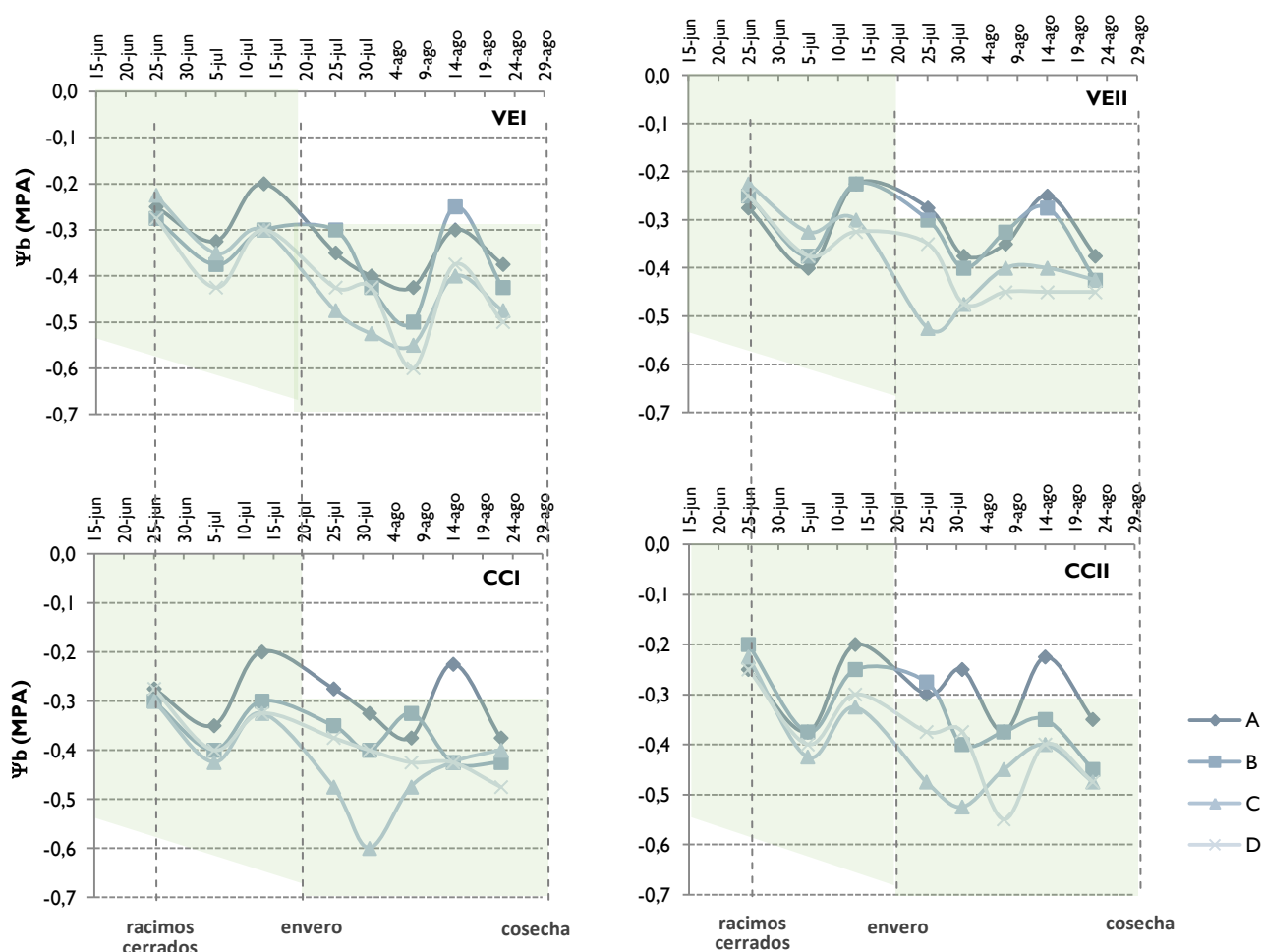


Figura 4.13 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el potencial hídrico foliar de base, desde el desarrollo de los frutos hasta la cosecha, en el año de 2007. Cada punto representa la media de 2 registros por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo. Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.

Potencial hídrico foliar de base - 2008

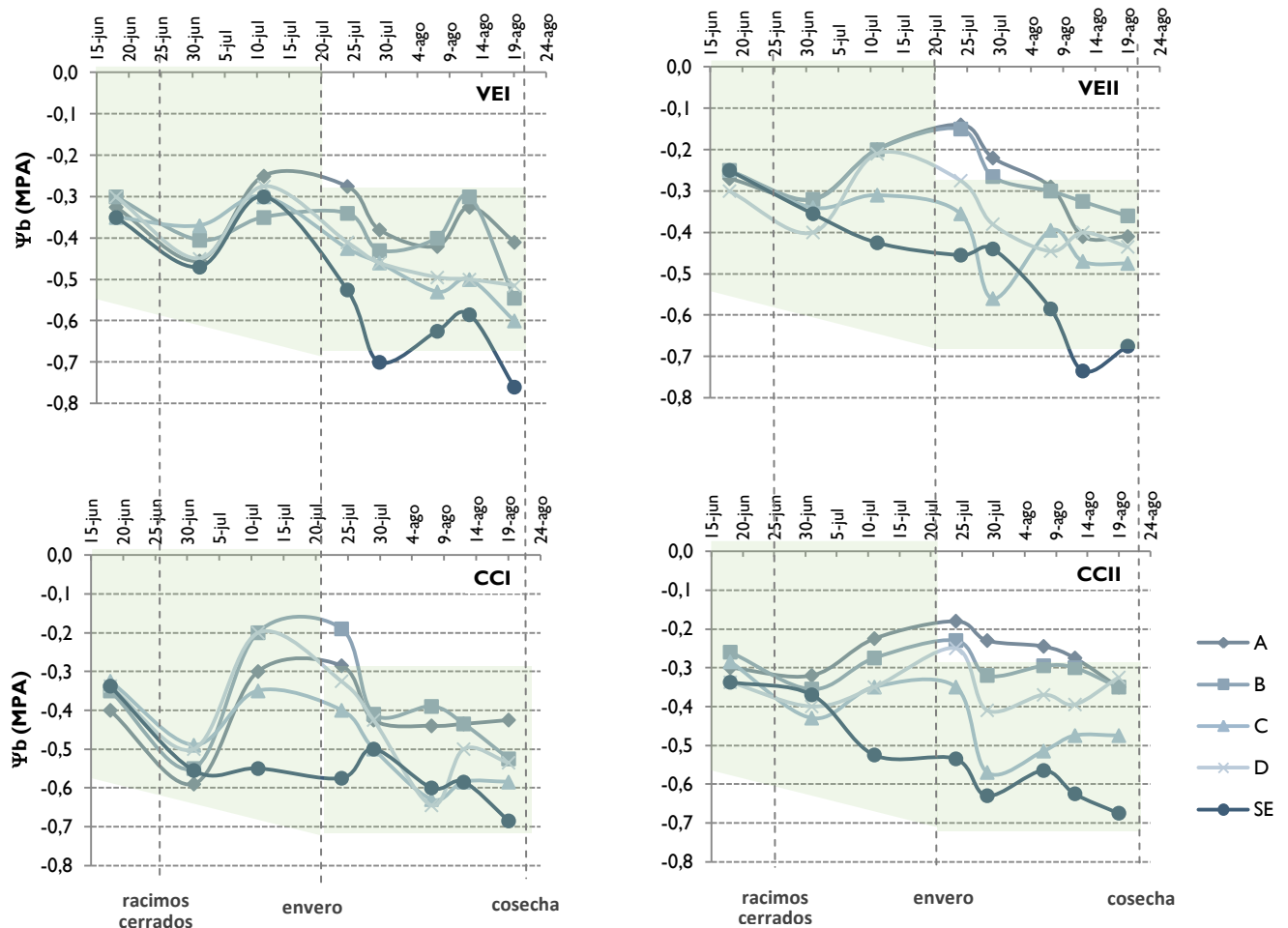


Figura 4.14 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en el potencial hídrico foliar de base, desde el desarrollo de los frutos hasta la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo. Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.

De un modo general, en ambos años de ensayo, los valores de Ψ_b se mantuvieron en niveles favorables, de acuerdo con Carbonneau (2004) o con Ojeda (2007) que admite una evolución negativa a lo largo del ciclo desde que los valores mínimos no van abajo de aproximadamente $-0,7$ MPa entre el envero y la vendimia. Además, en este período, valores de Ψ_b por encima de $-0,3$ MPa son considerados desfavorables para un desarrollo de los frutos que permita una cosecha de calidad.

Antes de envero, el Ψ_b se encuentra muy por encima de los valores mínimos aceptados, de modo que el primer riego (10 de julio, en 2007, y 30 de junio, en 2008) podría haber sido efectuado más tarde o habría sido innecesario.

Verificamos que en 2007, como respuesta a un riego efectuado a 14 de agosto, fueron registrados valores considerados desfavorables en las dotaciones de riego mayores (A y B) lo que es indicativo de un exceso de agua disponible en esta fase, contrario a los objetivos de disminución del vigor y rendimiento y de aumento de la síntesis de los compuestos de calidad.

En 2008, los datos son también indicativos de que los primeros riegos se aplicaron temprano, pudiendo haber sido retrasados. La excepción ocurrió en CCI, donde los valores antes del riego se encontraban próximos del límite mínimo. Con todo, en esta variedad para vinos tintos, los límites mínimos pueden ir un poco abajo del modelo general como defiende Ojeda (2007a).

Constatamos que, no obstante haya ocurrido un aumento acentuado del potencial desde mediados de junio hasta finales de julio, en las dotaciones de riego A y B, en ambos tipos de cobertura del suelo 2, los valores de potencial se mantienen por encima de $-0,3$ MPa, reflejando el efecto de los riegos aplicados en 30 de julio y 8 de agosto. Por otro lado, la modalidad de secano, en las parcelas con vegetación espontánea, es la única que presenta valores Ψ_b abajo de $-0,7$ MPa, correspondientes a un desecamiento excesivo del suelo, ocurriendo muy próximo de la vendimia, lo que acarreará perjuicios en la producción.

Con el objetivo de comparar separadamente los efectos del tipo de cobertura x suelo y de las dotaciones de riego, se organizaron gráficamente los datos como se presentan en las Figuras 4.15a y 4.15b.

Comprobamos que en 2007 los potenciales presentan poca diferenciación entre diferentes tipos de cobertura x suelo y con valores que, dentro del intervalo considerado favorable, se aproximan de los valores más altos, indicando una disponibilidad de agua que, en media, fue adecuada pero pudiendo haber sido menor. Esta constatación se

confirma cuando analizamos la Figura 4.15b, en la cual observamos que la dotación A presentó durante determinados períodos valores de Ψ_b superiores a los aconsejados.

Comparación de los efectos de tipo de cobertura x suelo y de dotación de riego en el Potencial hídrico foliar de base

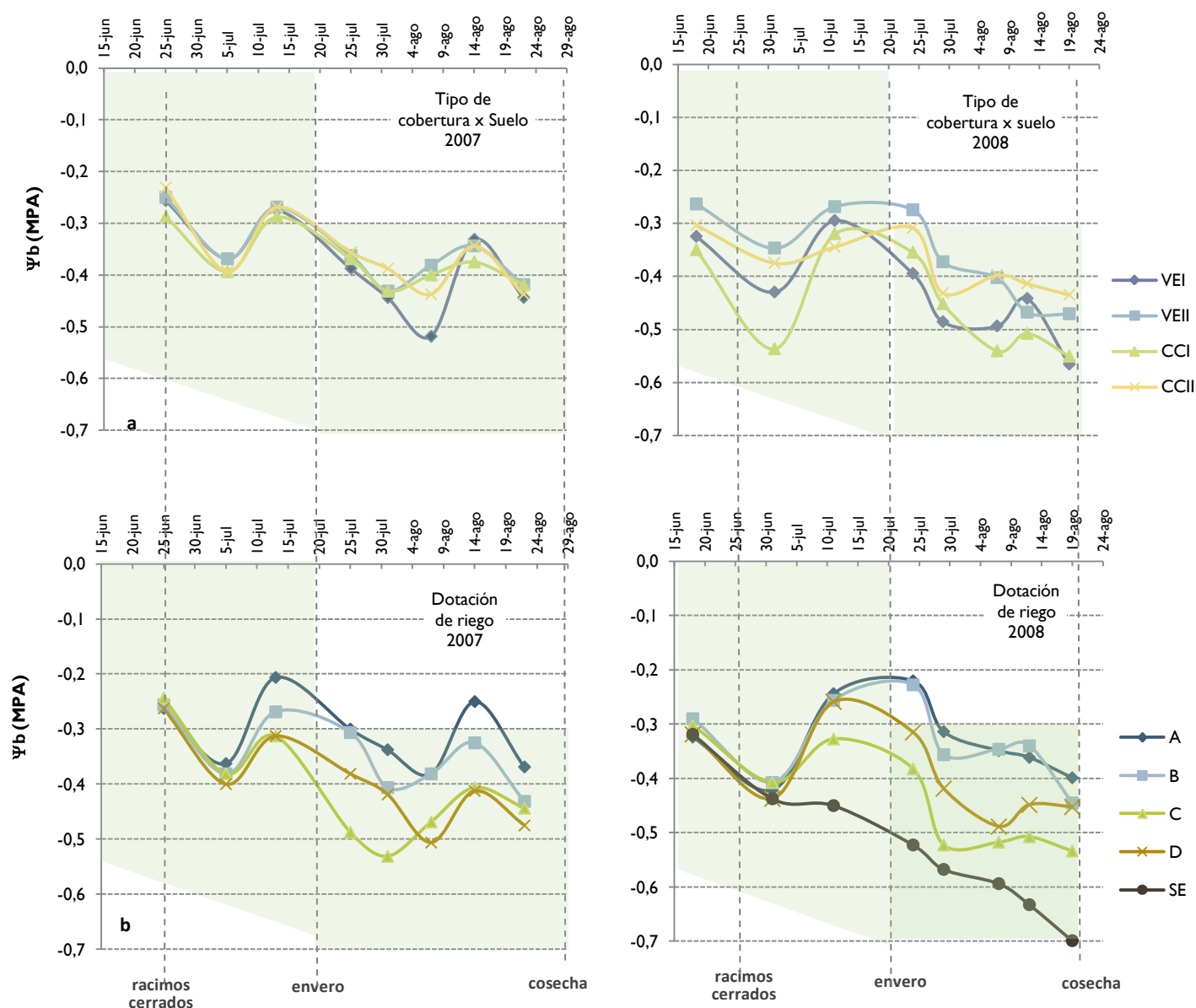


Figura 4.15 – Comparación de los efectos en el potencial hídrico foliar de base(a - tipo cobertura x suelo; b dotación de riego). Cada punto representa la media de 8 y de 10 registros, respectivamente en 2007 y 2008 (tipo de cobertura x suelo), o la media de 8 registros (dotación de riego). Las áreas a color verde corresponden a los valores óptimos de potencial hídrico foliar de base durante las fases finales del ciclo de la vid.

En 2008, hay una mayor diferenciación entre tipos de cobertura x suelo. Se verifica que las parcelas con *cover crop* del suelo 1 exhiben, de media, valores más bajos. Estos podrán ser el resultado de una extracción precoz de agua retenida a mayores potenciales y, por lo tanto, más fácilmente disponible, ejercida por el *cover crop*. En las parcelas con vegetación espontánea del suelo 2, se verifican valores indicativos de una excesiva disponibilidad de agua después de envero.

La modalidad menos regada (C) y la de secano (SE), presentaron siempre potenciales más bajos, en ambos años (Figura 4.15b). Esta última fue la única en la cual los valores medios de potencial decrecieron hasta los valores mínimos admitidos como recomendables ($-0,7$ MPa). Las modalidades de confort hídrico (A y B) presentan después de envero, valores altos de potencial de base, por encima del óptimo, para esta fase.

La dotación ultra-deficitaria (C) y la dotación deficitaria – del agricultor – (D) son las que durante el periodo de monitorización presentan los valores de potencial de base correspondientes a una restricción hídrica óptima.

Es de referir, sin embargo, que estas observaciones fueron también influidas por la necesidad de aplicación de la totalidad de las dotaciones definidas para las modalidades y por las duraciones de los riegos. De modo que, las mediciones efectuadas en algunas fechas se realizaron con las plantas de las modalidades deficitarias ya en situación de déficit, en cuanto las dotaciones mayores todavía se estaban aplicando.

Cuando los viñedos son regados es necesario relacionar los tiempos de registro del Ψ_b con las fechas de riego y con los cuantitativos aplicados. O sea, si el intervalo de riego es pequeño y la dotación aplicada es elevada, el Ψ_b será siempre más elevado. No es indiferente, en términos de los registros de Ψ_b , si las mediciones son realizadas inmediatamente o algunos días después del riego.

Al análisis a los datos de Ψ_b realizado en este subcapítulo se impone todavía añadir algunas reflexiones más.

Los flujos de agua para la planta dependen de los gradientes de potencial entre la raíz y el suelo en contacto con esta. Un mayor valor de Ψ_b no es siempre sinónimo de mayor flujo de agua entre suelo y planta. Es necesario tomar en cuenta la distribución de las raíces. Pocas raíces en la rizosfera de mayor potencial pueden ser suficientes para establecer equilibrio con la planta durante el período nocturno, tal como refiere Pacheco (1989). Con todo, durante el día – con valores de potenciales hídricos foliares más bajos – la transpiración de la planta determina un mayor flujo de agua entre suelo y planta, con un mayor número de raíces activas.

Otro aspecto importante es el de que en determinados días del verano en Alentejo, las temperaturas en ciertos períodos del día suben mucho y provocan una desecación de la planta que puede afectar prácticamente todo su aparato vegetativo y provocar quemaduras graves en los frutos⁷. En esta situación, las plantas en confort hídrico están más bien defendidas y plantas con valores de Ψ_b bajos, aparentemente favorables, pueden ser fuertemente afectadas.

4.4.3. Cambios gaseosos en las hojas

En la Figuras 4.16 se presenta la evolución, durante el año 2007, de la tasa fotosintética líquida, A , de la conductancia estomática, g_s , y de la tasa de transpiración, E , medidas a las 9 horas, en las vides sometidas a diferentes dotaciones de riego, de las dos parcelas con vegetación espontánea.

Se verifica que la tasa de fotosíntesis es menor en la modalidad de riego ultra deficitario, C, con relación a cualquiera de las otras modalidades con mayores dotaciones. En el día 9 de agosto, en la parcela con vegetación espontánea del suelo 1, la modalidad de riego del agricultor, D, presenta un valor superior a las modalidades de confort hídrico, A y B. Probablemente, esta discrepancia se debió a la programación de riegos, una vez que podría ya haber terminado el riego del agricultor, con reflejos en el consumo hídrico de las plantas, en cuanto las dotaciones A y B todavía se estaban aplicando.

⁷ Este efecto se denomina en portugués *escaldão*; *escaldado o cocido* en castellano.

Cambios gaseosos - 2007

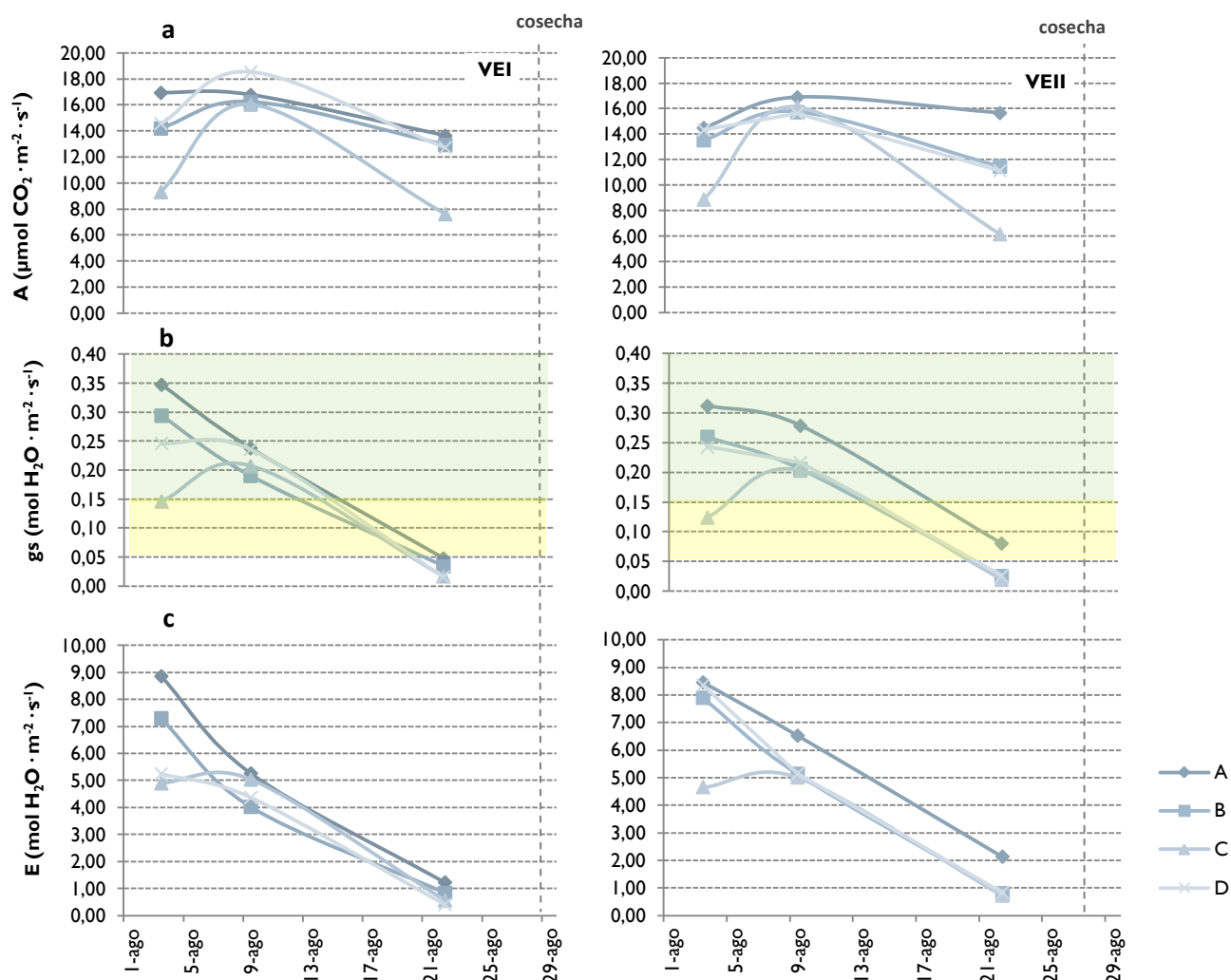


Figura 4.16 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en los cambios gaseosos de las hojas (a - tasa de fotosíntesis; b - conductancia estomática; c - tasa de transpiración), entre el envero y la cosecha, en el año de 2007. Cada punto representa la media de 3 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo. En los gráficos de conductancia estomática: las áreas a color verde corresponden al intervalo de valores de g_s indicativos de un stress hídrico ligero, las áreas a color amarillo corresponden al intervalo de valores de g_s indicativos de un stress hídrico moderado (a partir de Cifre *et al.*, 2005).

En lo que respecta a la conductancia estomática, la mayor diferenciación entre los valores ocurre en la primera fecha de medición, siendo la conductancia mayor cuanto mayor la cantidad de agua de riego aportada. Lo mismo ocurre en la tasa de transpiración, en la parcela VEI.

Gradualmente, a medida que pasa el tiempo, los valores, tanto de conductancia estomática como de flujo de transpiración, van disminuyendo y, al mismo tiempo, se van aproximando entre ellos, de modo que en las últimas fechas de medición, estos se diferencian poco entre modalidades.

La evolución de los flujos gaseosos muestra también, que las modalidades menos regadas, D y C, tienen una evolución ligeramente diferente de las modalidades de confort hídrico, A y B. Estas últimas muestran un padrón de disminución a lo largo del tiempo, mientras que en las dotaciones D y C, entre los días 3 y 9 de agosto, hay un aumento de los flujos, más prominente en la modalidad de riego ultra deficitaria. Esta variación está relacionada con la respuesta de las plantas a las disponibilidades hídricas. En el día 1 de agosto se aplicó un riego; pasados dos días, cuando se realizaron las mediciones, las plantas menos regadas presentaban menos cambios gaseosos, indicativos de una menor cantidad de agua en el suelo, mientras que el riego de las dotaciones de confort hídrico todavía se estaba efectuando.

En la figura 4.16b se optó por delimitar los intervalos de valores de conductancia estomática definidos por Cifre *et al.* (2005), como se describió en el Capítulo 2. Los datos de la última medición efectuada, día 22 de agosto, indican que las plantas estaban en una situación de stress hídrico severo, con excepción de la dotación de máximo confort hídrico. De acuerdo con el calendario de riegos en el año de 2007, en ese día se realizó un riego. Con todo, como no existen datos disponibles para otras horas del día, no es posible averiguar como respondieron los cambios gaseosos en las hojas al abastecimiento de agua.

La Figura 4.17 nos muestra la evolución de la eficiencia intrínseca de uso del agua (WUE_i), calculada como se describió en el Capítulo 2.

En la parcela con vegetación espontánea del suelo 1, las modalidades de riego donde las plantas se presentan más eficientes son la D y la C. En el suelo 2, la mayor eficiencia se verifica en las modalidades D y B. Además, se puede inferir que la eficiencia es mayor en períodos de stress hídrico en el límite entre moderado y severo. O sea, de acuerdo con la variación verificada en los casos analizados, el uso de esta aproximación matemática

nos indica que las dotaciones medianas, con un stress hídrico moderado, benefician la eficiencia de uso del agua.

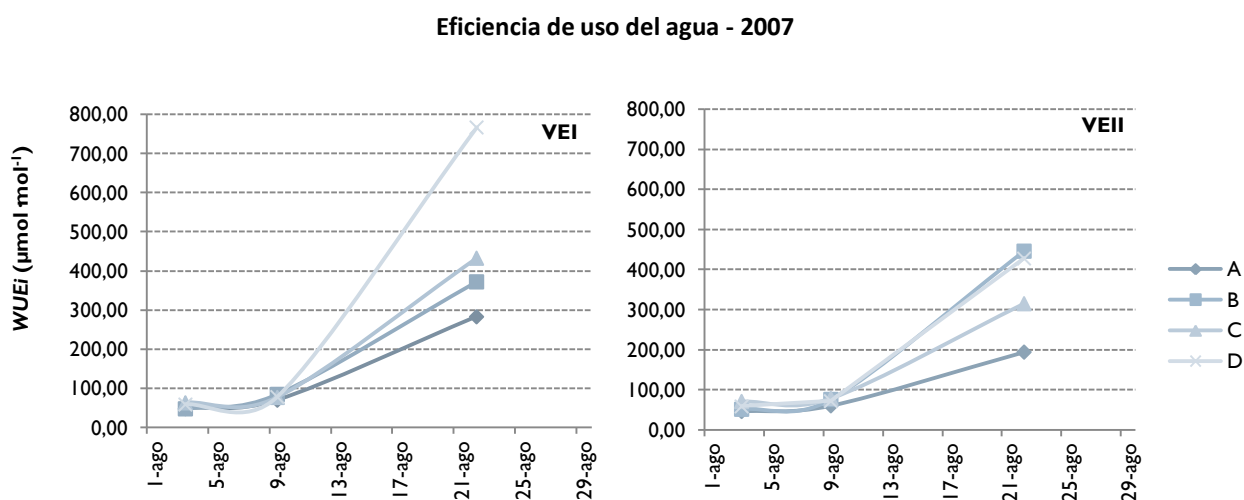


Figura 4.17 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la eficiencia intrínseca de uso del agua, WUE_i entre el envero y la cosecha, en el año de 2007.

En el año de 2008, se optó por una representación gráfica más detallada de la variación de los flujos gaseosos, una vez que se disponía de datos para los dos tipos de cobertura, en ambos tipos de suelos.

En la Figura 4.18, se presenta la evolución de la tasa de fotosíntesis líquida. La primera observación es la de que la modalidad de secano presenta los menores valores, en todas las fechas y en todos los sistemas tipo de cobertura x suelo. Después, se verifica que es la modalidad de máximo confort hídrico la que presenta, de un modo general, los mayores valores. Sin embargo, en el *intercrop* de suelo 2, los valores en la dotación del agricultor (mitad de la primera), son igualmente altos.

Por otro lado, se observa una ligera diferencia entre los valores de la tasa de fotosíntesis en los dos tipos de suelo: de media, los valores verificados son menores en el suelo 1, independientemente del tipo de cobertura en la entrelínea.

Tasa de fotosíntesis - 2008

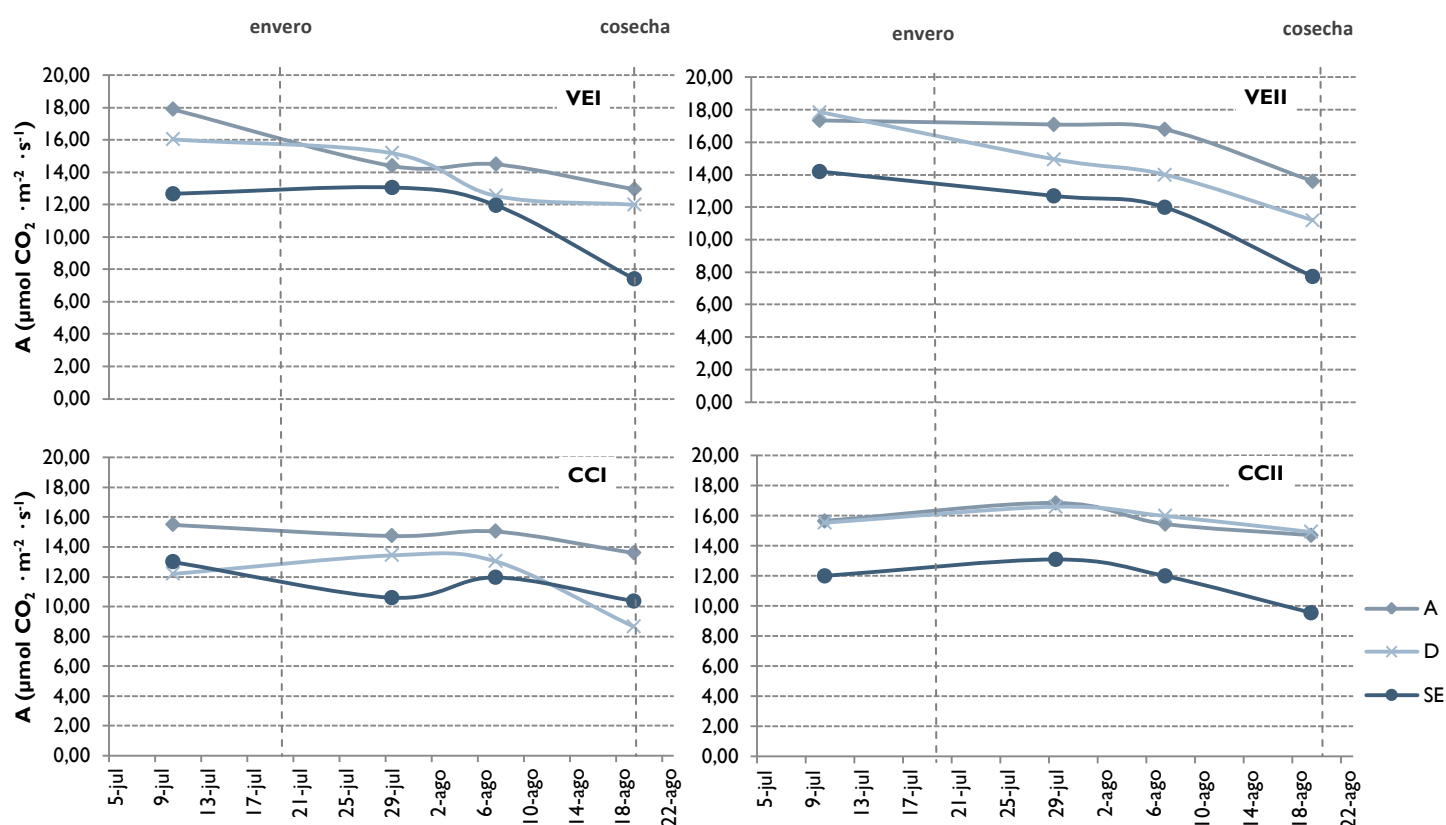


Figura 4.18 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la tasa de fotosíntesis, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo.

Como era de esperar, la evolución temporal de la conductancia estomática (Figura 4.19) es similar a la de la tasa de transpiración (Figura 4.20). En ambas, se verifican, de modo general, los mayores valores en la dotación A y los valores inferiores en la modalidad de seco.

El aumento acentuado observado entre las fechas de 29 de julio y 7 de agosto se debe a un riego realizado el día 30 de julio al que siguió un período de cuatro días con temperaturas máximas superiores a 39°C, entre 2 y 5 de agosto. De este modo, se incrementó el poder evaporante de la atmosfera y, conjuntamente con la mayor disponibilidad de agua, los flujos de salida de agua de las hojas.

Conductancia estomática - 2008

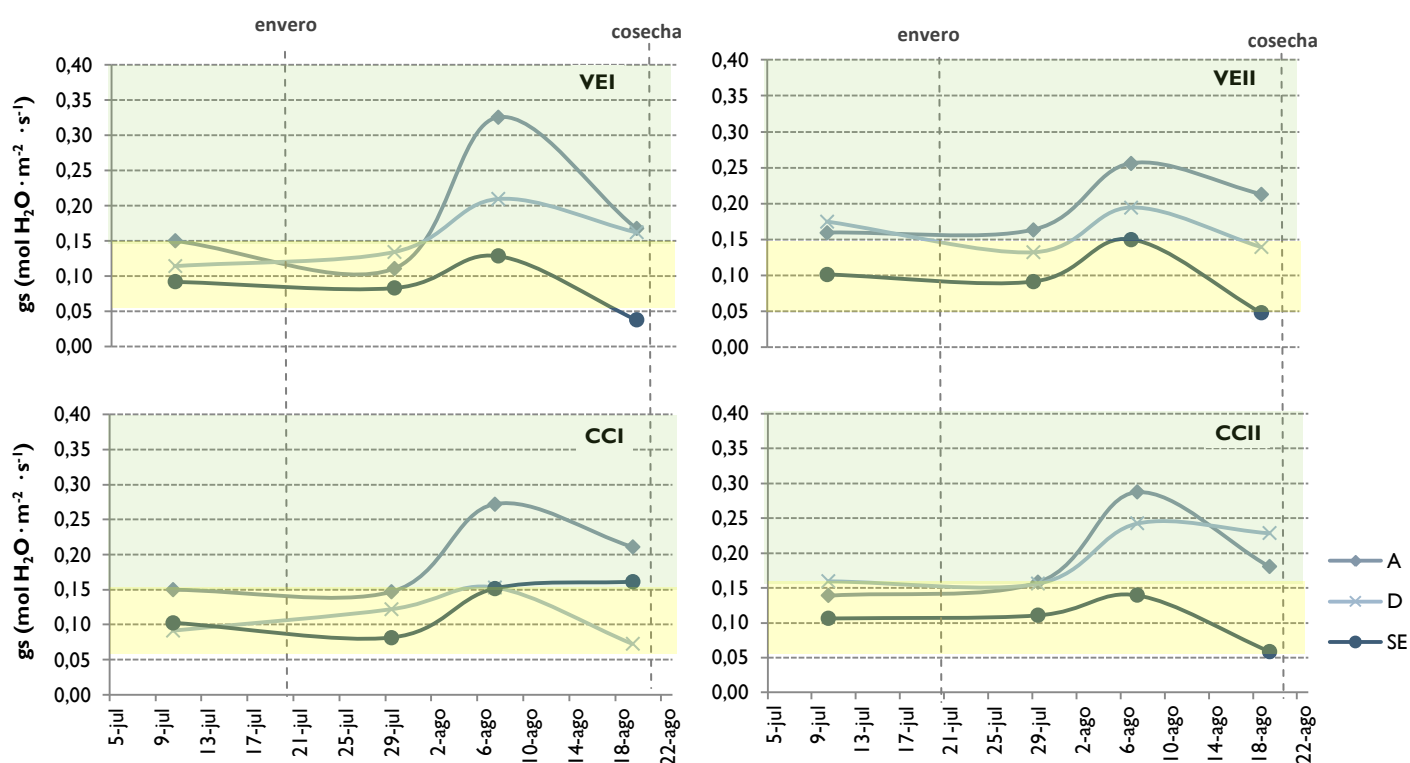


Figura 4.19 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la conductancia estomática, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo.

Las áreas a color verde corresponden al intervalo de valores de g_s indicativos de un stress hídrico ligero, las áreas a color amarillo corresponden al intervalo de valores de g_s indicativos de un stress hídrico moderado (a partir de Cifre *et al.*, 2005).

Los valores de conductancia estomática se situaron siempre dentro de los intervalos correspondientes a niveles de stress hídrico ligero y moderado. Apenas en la modalidad de secano se observaron valores en el límite de un nivel de stress severo, ocurridos dos días antes de la cosecha.

Los datos de este parámetro en esta fase del ciclo, tal como los datos de Ψ_b , muestran que, en ambos años de ensayo, las modalidades de confort hídrico presentan valores correspondientes a un stress ligero o nulo.

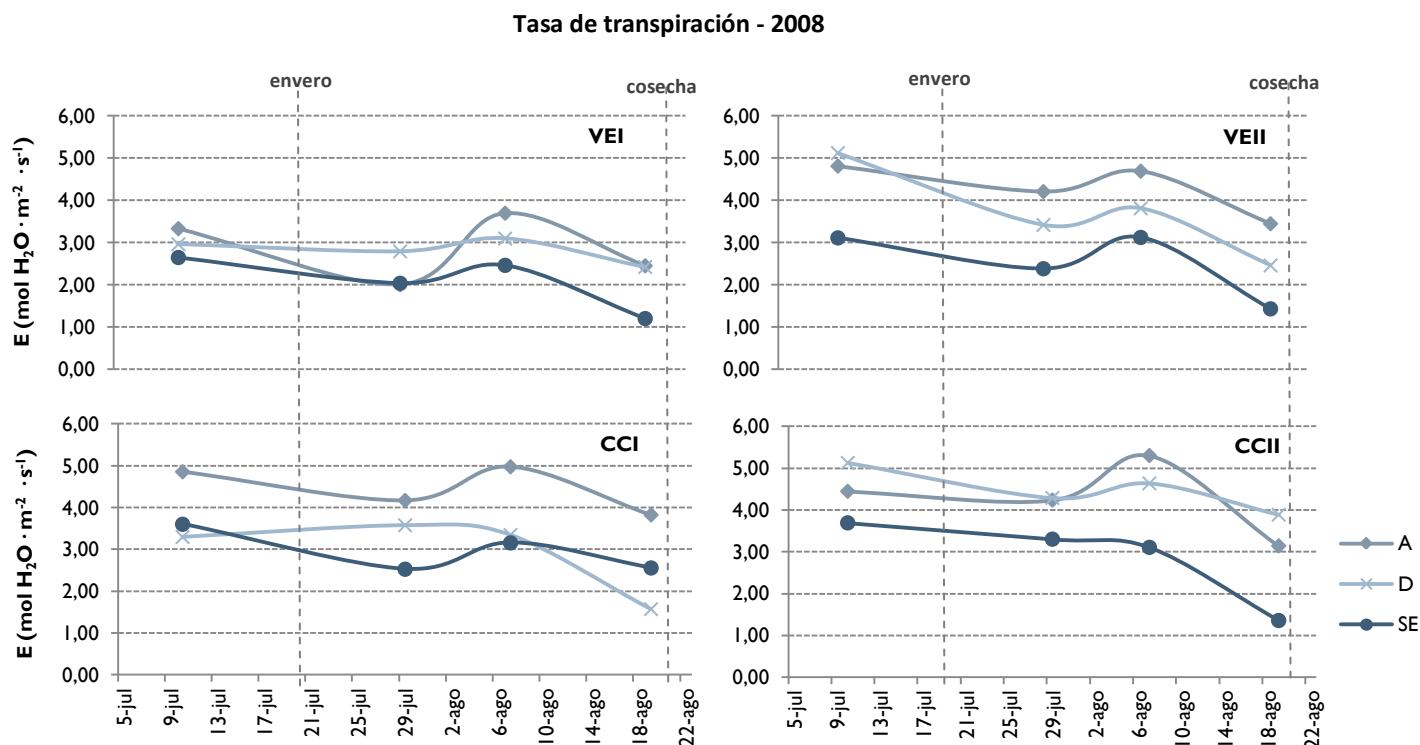


Figura 4.20 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la tasa de transpiración, entre el inicio de envero y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo.

Como era de esperar, y de acuerdo con las afirmaciones anteriores, la modalidad de riego con mayor dotación presenta, de un modo general, menor eficiencia de uso del agua, como se puede verificar en la Figura 4.21.

En cuanto a la evolución de los valores, estos sufren una disminución, cuando, a pesar de una ligera disminución de la tasa fotosintética, aumenta la conductancia estomática.

Por otro lado, la pequeña disminución de la tasa de fotosíntesis – en condiciones de stress hídrico ligero a moderado, correspondiente a una reducción más acentuada de la conductancia estomática o de la tasa transpiración – se traduce en un aumento de la eficiencia del uso del agua, lo que está de acuerdo con Cifre *et al.* (2005).

Eficiencia de uso del agua - 2008

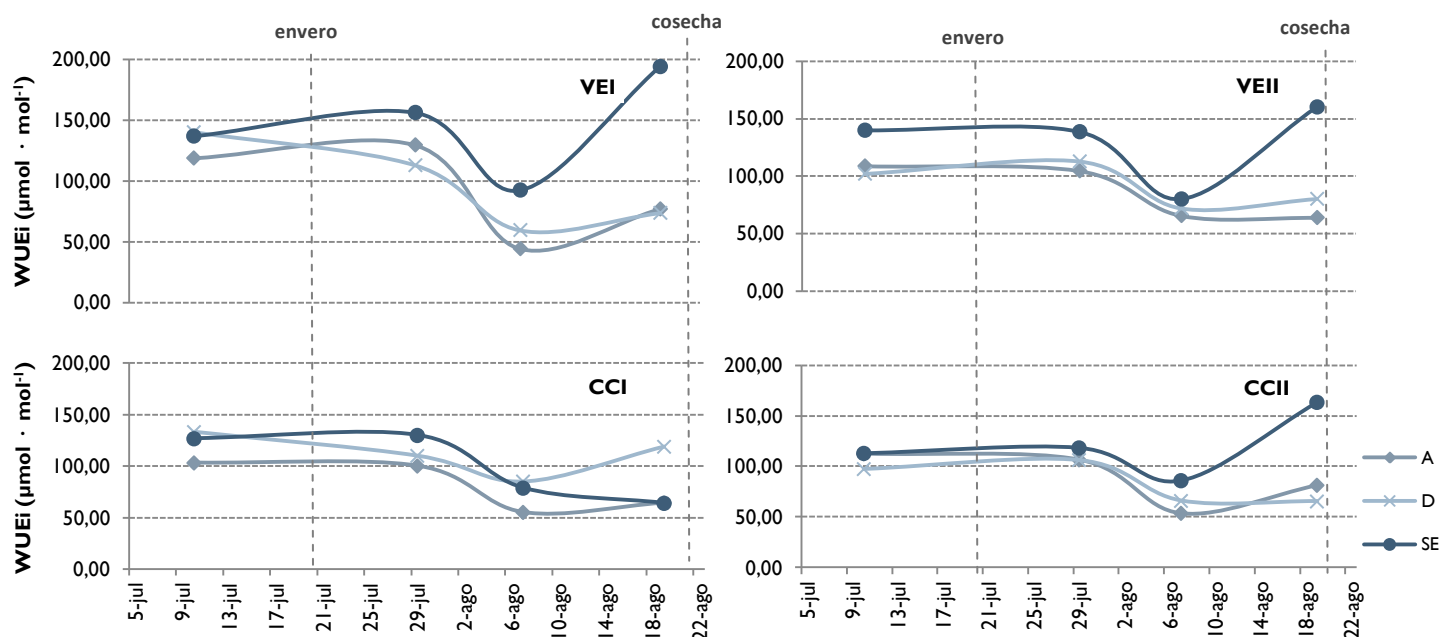


Figura 4.21 – Efecto del tipo cobertura x suelo y de las dotaciones de riego en la eficiencia intrínseca de uso del agua, entre el inicio de verano y la cosecha, en el año de 2008. Cada punto representa la media de 2 registros, a las 9h de cada día, por cada dotación *versus* tipo de cobertura x suelo.

4.5. Extracción de agua

4.5.1. Evolución de los perfiles hídricos

En este punto, empezaremos por analizar los perfiles de desecamiento medio, en 2007, de las modalidades de riego y de los tipos de revestimiento de la entrelínea x tipos de suelo representados en las Figuras 4.22 y 4.23.

Analizando la Figura 4.22, en lo que respeta a los valores máximos, se verifica que estos ocurren, sin excepción, en el día 7 de mayo – 13 días antes de la floración – para la capa más superficial (0 – 30 cm). En las restantes capas, se registraron valores elevados, principalmente, en los días 28 de marzo y 17 de abril. Los mayores valores ocurridos a 7 de mayo se explican con la lluvia caída en días anteriores. De hecho, en 2 de mayo se verificó una precipitación de 23,6 mm que contribuyó al abastecimiento de las zonas más superficiales del suelo.

Perfiles de desecamiento medios en cada modalidad de riego - 2007

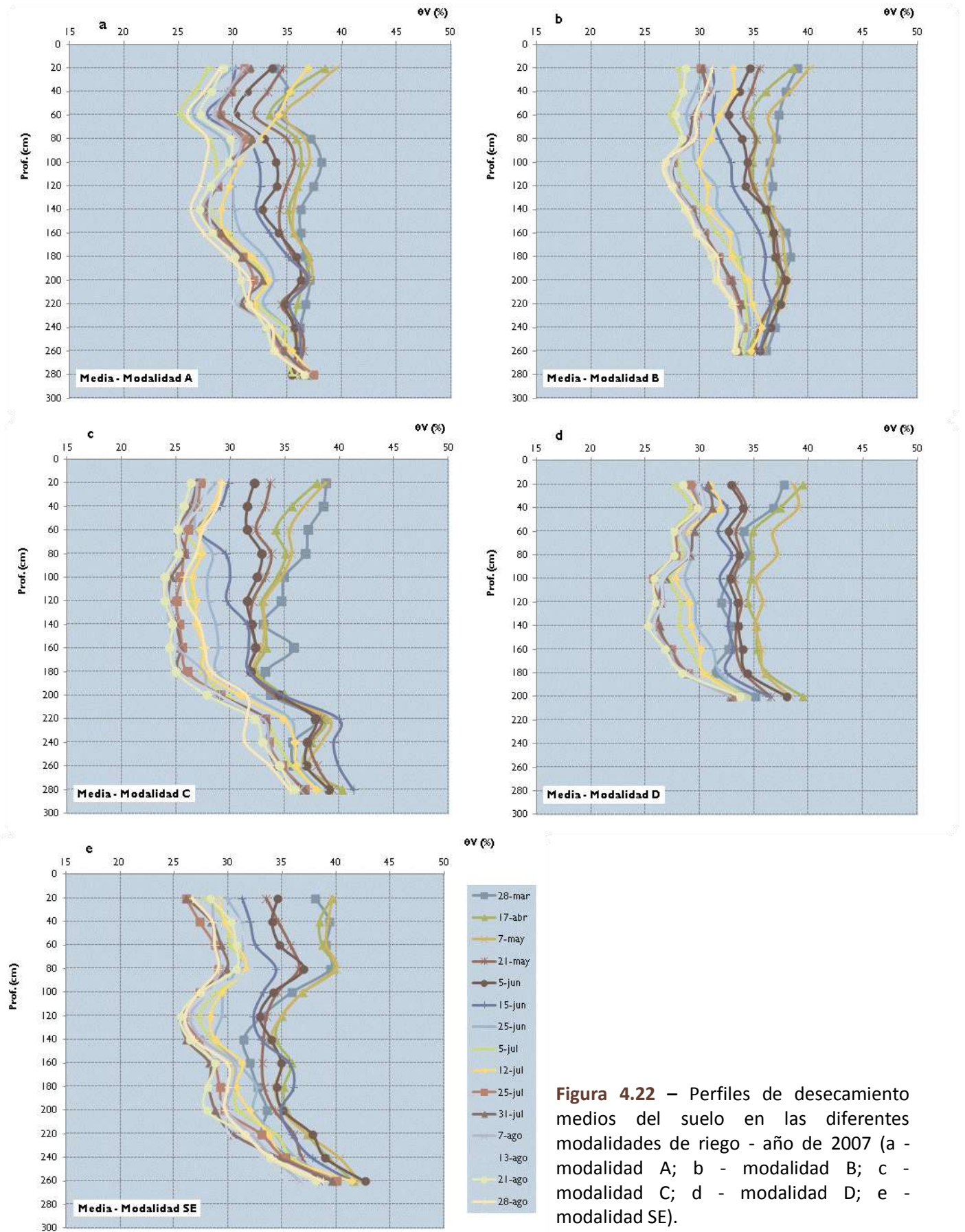


Figura 4.22 – Perfiles de desecamiento medios del suelo en las diferentes modalidades de riego - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) en cada tipo de cobertura x suelo - 2007

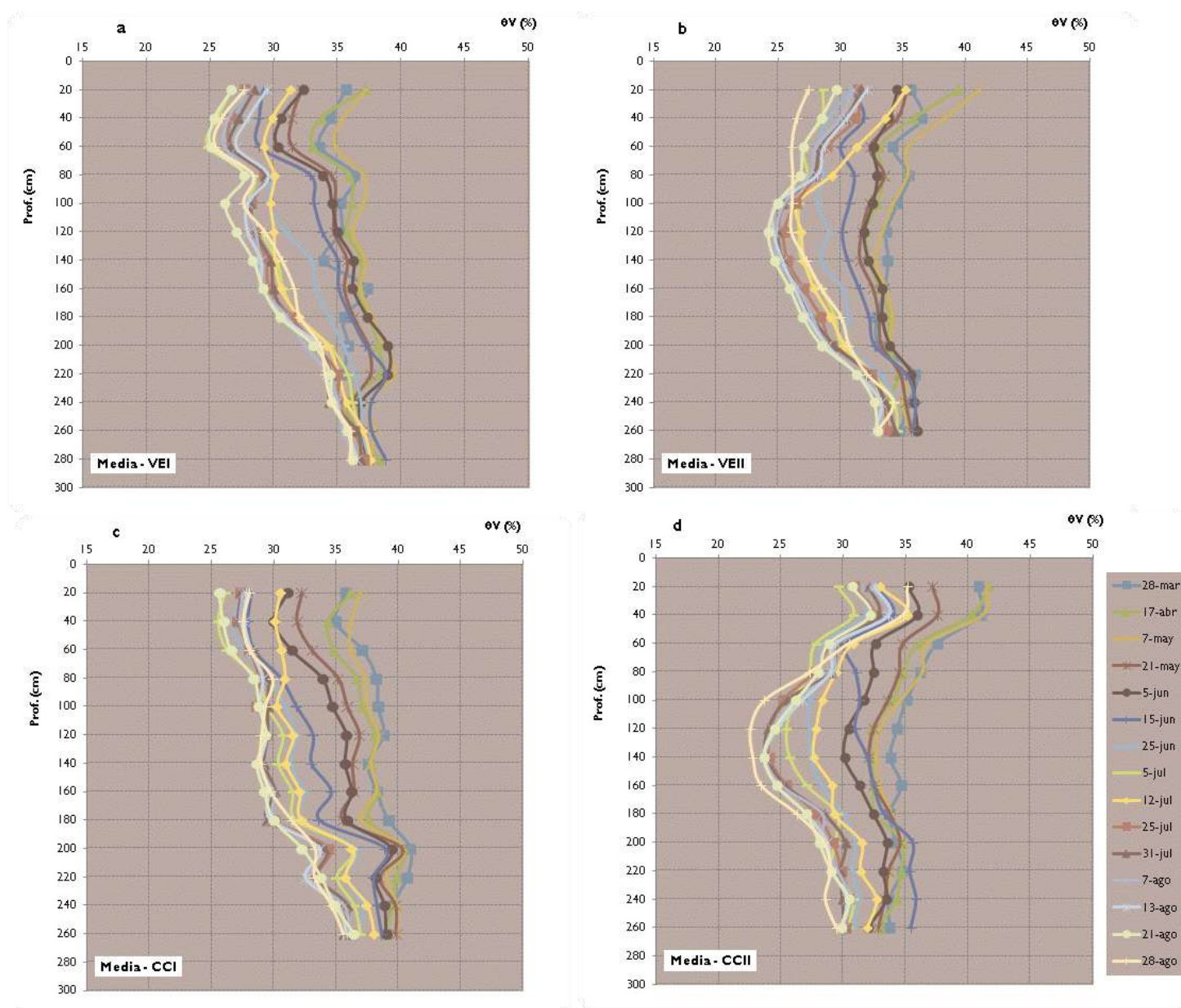


Figura 4.23 – Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) del suelo en los diferentes tipos de cobertura x suelo - año de 2007 (a - vegetación espontánea x suelo 1; b - vegetación espontánea x suelo 2; c - *cover crop* x suelo 1; d - *cover crop* x suelo 2).

En las modalidades más regadas, los contenidos mínimos de humedad ocurren el día 5 de julio – 4 días antes de inicio del invierno – y el día 28 de agosto. Después de 5 de julio, hubo una recuperación del contenido en agua del suelo resultante del inicio del riego. En la modalidad de riego ultra deficitario y en seco, a partir de 15 de junio, se verificaron contenidos en humedad siempre inferiores a 30%, sucediendo los valores mínimos en agosto, próximo a la cosecha.

La extracción se verifica, sin excepción, en casi todo el perfil, incluso en las modalidades A y B, donde ésta se hace sentir hasta cerca de 2,30 m. En las restantes, los datos disponibles, indican que la planta consume agua hasta aproximadamente 3,00 m. Como la pluviosidad ocurrida en otoño / invierno y en primavera fue elevada, se humedeció prácticamente todo el perfil de suelo. Cuando comparamos los perfiles medios obtenidos para cada combinación cobertura x suelo, presentados en la Figura 4.23, se verifican la misma tendencia de evolución temporal de los valores máximos y mínimos.

Otras observaciones de relieve son, por un lado, los ligeramente mayores porcentajes de humedad registrados en las parcelas con *cover crop* y, por otro, la extracción verificada en todo el perfil pedolítico, al contrario de las parcelas con vegetación espontánea, donde ésta alcanza una profundidad de 2,30 m como máximo.

Cuando limitamos el análisis a las capas más superficiales, verificamos que el suelo 2 (más rico en arcilla) presenta valores por encima del 40%, principalmente en las primeras fechas de monitorización.

Como es típico de las condiciones mediterráneas, el frente de desecamiento avanza con la profundidad a medida que nos aproximamos a la maduración, y la extracción en las capas más profundas va ganando importancia con la evolución temporal.

La contribución de estas capas a la alimentación hídrica de las vides crece a medida que disminuye la cantidad de agua en los poros y, por lo tanto, aumenta el contenido en oxígeno, necesario para la actividad respiratoria de las raíces finas del año que se van desarrollando y ocupando las fisuras del suelo.

En 2007, se registraron los contenidos de humedad en las entrelíneas de las parcelas con vegetación espontánea y el análisis de los perfiles de desecamiento, que se presentan en la Figura 4.24, permite verificar que la extracción de agua en profundidad aumenta con la disminución de volumen de riego aplicado. En la modalidad A esta ocurre hasta aproximadamente 2,30 m; en la modalidad C el consumo de agua se hace en toda la profundidad de suelo monitorizada.

Perfiles de desecamiento en entrelínea - 2007

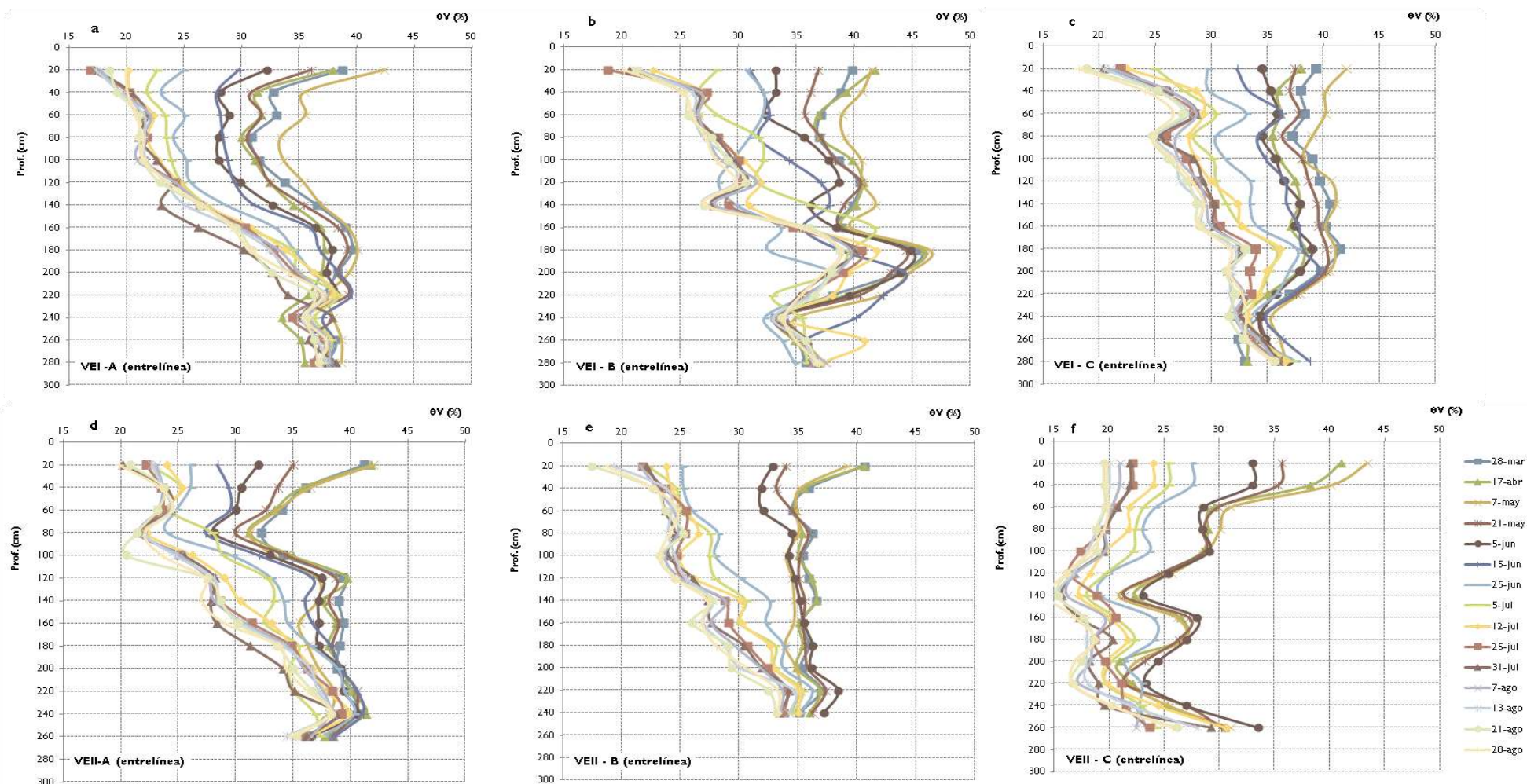


Figura 4.24 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en las parcelas con vegetación espontánea - año de 2007 (a - entrelínea en la modalidad A/VEI; b - entrelínea en la modalidad B/VEI; c - entrelínea en la modalidad C/VEI; d - entrelínea en la modalidad A/VEII; e - entrelínea en la modalidad B/VEII; f - entrelínea en la modalidad C/VEII).

Además, la tendencia temporal de los consumos hídricos es similar a la verificada en las líneas de plantación.

Es decir que la alimentación hídrica de las vides no está circunscrita a la línea de plantación. A pesar del efecto de localización del consumo de agua en la línea inducido por el riego, el sistema radicular de las plantas ejerce su influencia en un volumen de suelo más largo y ancho.

Cuando confrontamos estos perfiles con los de la Figura 4.22, observamos un contraste entre la amplitud de contenido en agua en las capas más superficiales del suelo. Por ejemplo, la diferencia entre contenidos máximo y mínimo en la capa 0-30 cm de la línea de plantación, varía entre 9,8%, en la modalidad B, y 15%, en la modalidad C. En la misma capa de la entrelínea, esta diferencia varía entre 22,1% y 25,6%, ambos valores observados en la modalidad A.

Los perfiles de desecamiento medio, en 2008, de las modalidades de riego están representados en la Figura 4.25. Se observa que, de un modo general y en contraste con lo verificado en el año anterior, ocurrió poca extracción de agua, por debajo de 1,70 m de profundidad, para las varias situaciones testadas. Esto podría haber sucedido como resultado de la menor cantidad de precipitación total ocurrida antes del inicio del ciclo de la vid. Si ésta no fue suficiente para humedecer las capas más profundas del suelo, las plantas no exploraron el perfil más allá de un determinado umbral de espesor.

El máximo almacenamiento en agua se obtuvo el 23 de abril, estando la viña en la fase de racimos libres y después de un período lluvioso, ya que en los días anteriores del mes la pluviosidad totalizó 87 mm. Los valores mínimos de contenido de humedad se verificaron a 26 de agosto, en todo el perfil. Esta fecha es posterior a la vendimia, pasados 18 días del último riego realizado en 2008.

Perfiles de desecamiento medios en cada modalidad de riego - 2008

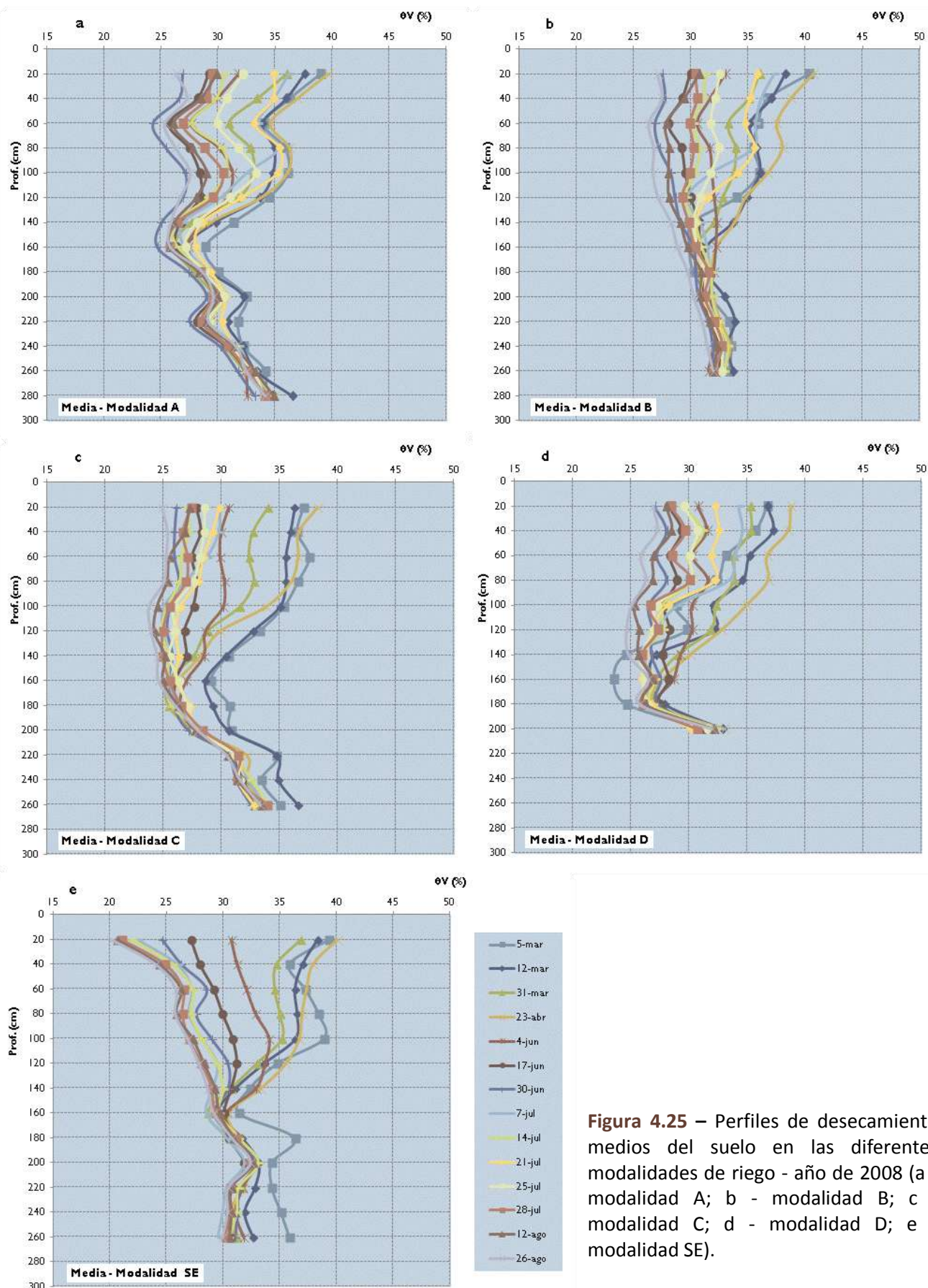


Figura 4.25 – Perfiles de desecamiento medios del suelo en las diferentes modalidades de riego - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

Los perfiles de humedad presentan amplitudes sucesivamente mayores entre valores máximos y mínimos, desde las modalidades más regadas hasta la modalidad de secano, lo que parece denotar una eficacia creciente de las plantas en la exploración del agua disponible en el suelo.

No obstante, en vertisuelos el agua aplicada en el riego se infiltra rápidamente a través de las grietas y fisuras típicas de estos suelos y las mediciones con el método neutrónico pueden ser afectadas, principalmente cuando las dotaciones son mayores. El agua se infiltra a lo largo del tubo de acceso y se acumula, dando origen a mediciones superiores a las reales.

En cambio, de la desecación del suelo puede también resultar fisuración anillar en torno del tubo, ocasionando mediciones inferiores. Esta puede ser otra razón que justifique el registro de valores mínimos más bajos en las dotaciones más pequeñas o en la entrelínea.

El análisis de los perfiles de desecamiento medios de los diferentes tipos de revestimientos de la entrelínea *versus* tipo de suelo (Figura 4.26), permite verificar que no existen diferencias de relieve de extracción de agua en los dos tipos de cobertura en el suelo 1. En el suelo 2 tenemos mayores contenidos de humedad que en el suelo 1, principalmente hasta 80 cm de profundidad, y, por otro lado, hay una diferencia de evolución temporal entre los dos tipos de cobertura, como se puede observar en las Figuras 4.26b e 4.26d. Los valores máximos registrados en las fechas iniciales de monitorización no son coincidentes. En las parcelas con *cover crop* del suelo 2 los mayores valores registrados se verificaron en 5 de marzo y no en 23 de abril, como en las restantes. Teniendo en cuenta la diferencia de producción de biomasa de los dos tipos de cobertura vegetativa en el año de 2008, como se refirió anteriormente en el punto 4.1, se induce un efecto del consumo hídrico realizado por el encespedado durante el mes de Abril.

Conjuntamente, comparando los dos tipos de revestimiento en el mismo suelo, se verifica que las parcelas con *cover crop* presentan contenidos en humedad ligeramente inferiores a los de las parcelas con vegetación espontánea.

Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) en cada tipo de cobertura x suelo - 2008

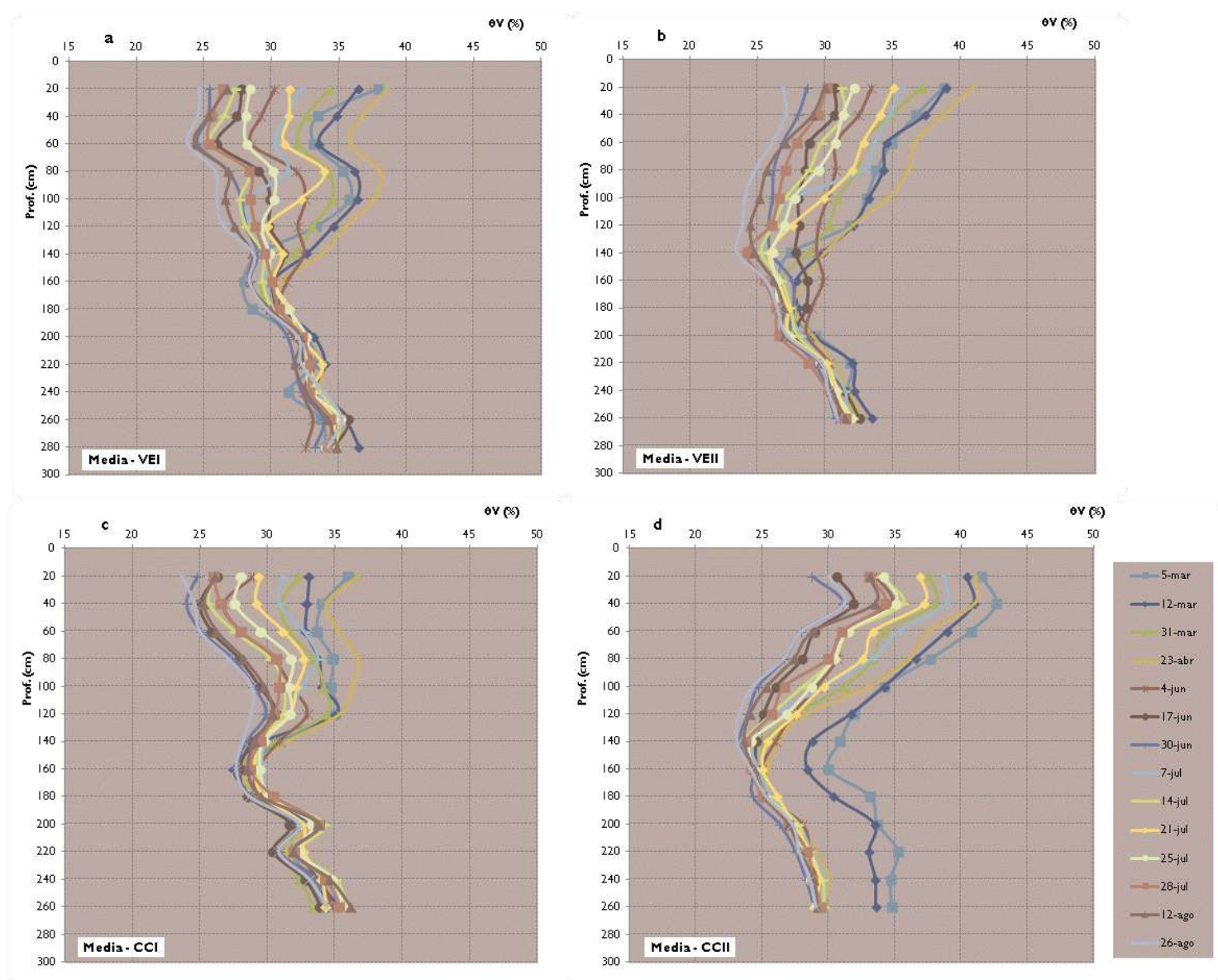


Figura 4.26 – Perfiles de desecamiento medios (modalidades regadas) del suelo en los diferentes tipos de cobertura x suelo - año de 2008(a - vegetación espontánea x suelo 1; b - vegetación espontánea x suelo 2; c - *cover crop* x suelo 1; d - *cover crop* x suelo 2).

A semejanza del año de 2007, se registraron los contenidos de humedad en las entrelíneas de las parcelas con vegetación espontánea (Figura 4.27). Se confirma que, en 2008, se realiza igualmente extracción de agua en este compartimiento de suelo. Sin embargo, esta ocurre hasta 1,50 m de profundidad en las modalidades de confort hídrico, A y B, y hasta 1,90 m en el caso de la modalidad de riego ultra deficitario, reflejando el menor abastecimiento de agua en el perfil resultante de un período Otoño-Invernal menos lluviosos que en el año anterior.

Perfiles de desecamiento en entrelínea - 2008

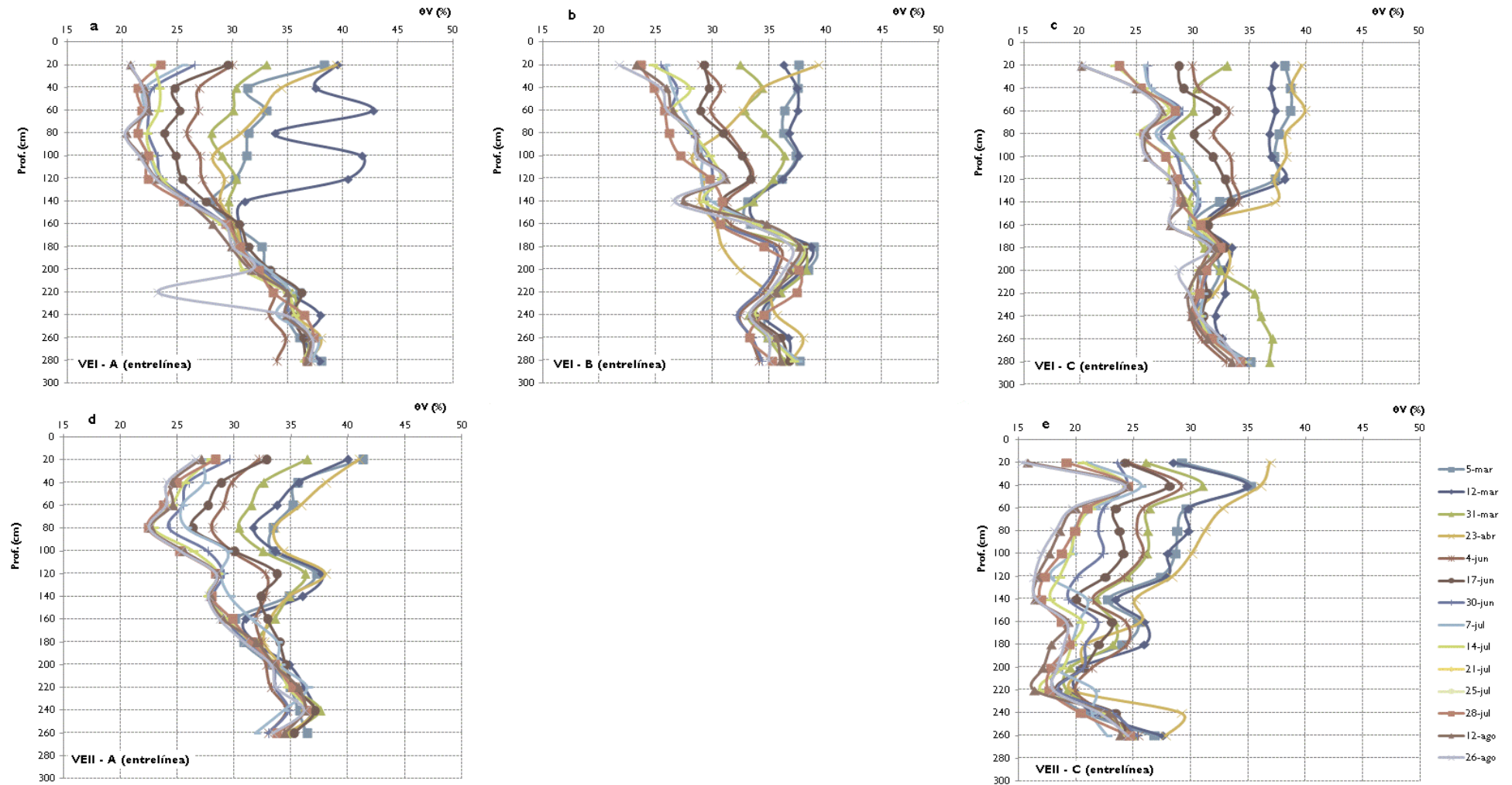


Figura 4.27 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en las parcelas con vegetación espontánea - año de 2008 (a - entrelínea en la modalidad A/VEI; b - entrelínea en la modalidad B/VEI; c - entrelínea en la modalidad C/VEI; d - entrelínea en la modalidad A/VEII; e - entrelínea en la modalidad C/VEII).

La amplitud entre contenidos máximos y mínimos en la capa superficial es, tal como se verificó en 2007, mayor en la entrelínea. Con todo, estas diferencias son ligeramente inferiores. En la capa 0 – 30 cm de la línea, las amplitudes varían entre 12,5% y 16,1%, ambas en la modalidad B. En entrelínea, los valores varían entre 14,7% en la modalidad A y 21,6% en la modalidad C.

Es de referir también que los contenidos en humedad de la entrelínea con vegetación espontánea de la modalidad C (Figura 4.27e) son menores que los evidenciados en las restantes situaciones monitorizadas, con valores mínimos inferiores a 20%.

Cuando extendemos el análisis de los perfiles de desecamiento registrados en la entrelínea de las parcelas sometidas a un régimen de secano (Figura 4.28), verificamos que, como era de esperar en las plantas no regadas, hay una demanda por la reserva hídrica en esta zona.

A pesar de que la contribución de las capas más profundas es muy pequeña, la comparación de la Figura 4.28a con las Figuras 4.28b e 4.28c, revela que en los niveles más profundos (2,50 – 2,70 m) la entrelínea de la parcela con vegetación espontánea (VEII) presenta menor contenido en agua relativamente, en la misma zona de las parcelas con *cover crop* (CCI y CCII). Por oposición, el contenido en todo el perfil es ligeramente mayor en la entrelínea de la parcela VEII, como ya se había referido en el análisis de la Figura 4.26.

La información grafica más pormenorizada se presenta en Anexo XII (Figuras A.2 a A.19), con los perfiles de desecamiento del suelo, obtenidos para las diferentes modalidades de riego en cada tipo de cobertura x suelo, en 2007 y 2008.

Perfiles de desecamiento en la entrelínea de la modalidad de secano - 2008

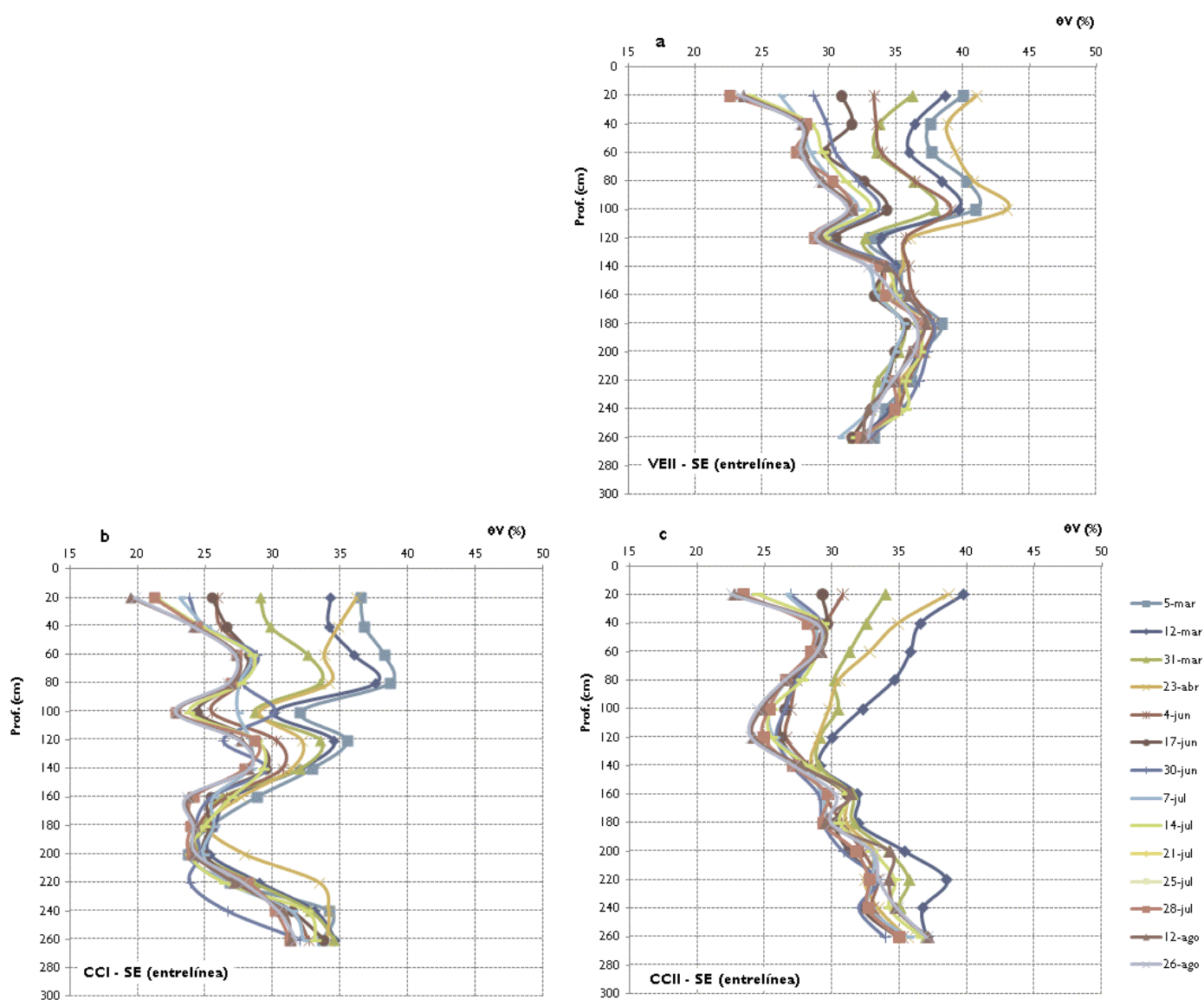


Figura 4.28 – Perfiles de desecamiento del suelo en la entrelínea, en la modalidad de secano-año de 2008 (a - vegetación espontánea x suelo 2; b - *cover crop* x suelo 1; c - *cover crop* x suelo 2).

4.5.2. Almacenamiento de agua en el perfil y por capas de suelo

Por diferencia entre los valores medios de contenido máximo y mínimo de agua registrados en el perfil, como se describió en el punto 3.11, se obtuvieron los valores de agua transpirable total, o sea, de almacenamiento de agua utilizable (Figura 4.29).

Agua transpirable total (0 – 270 cm) por modalidad y por tipo de cobertura x suelo

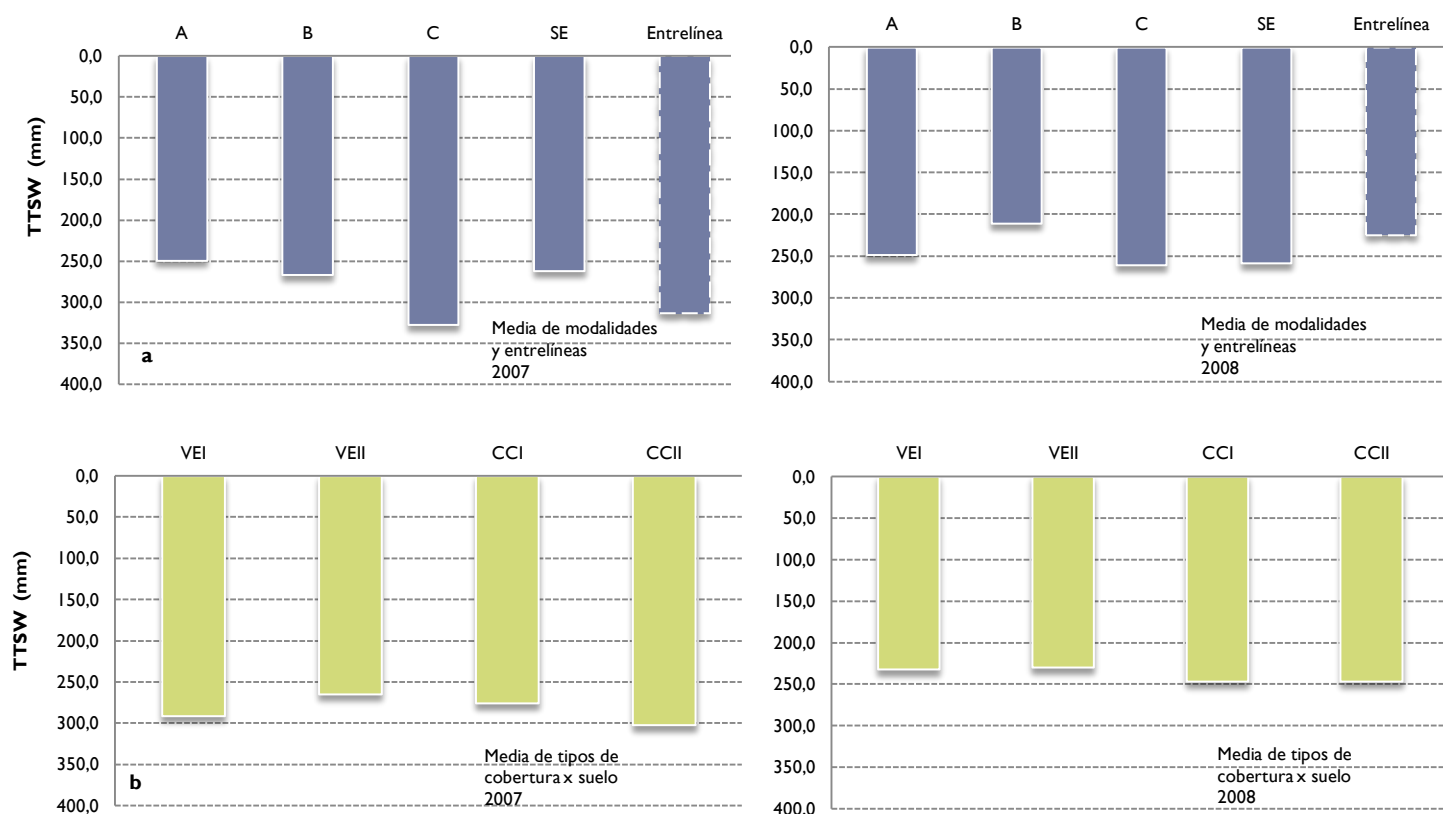


Figura 4.29 – Valores medios de agua transpirable en el perfil (a -modalidades de riego, en seco y en la entrelínea; b - tipos de cobertura x tipos de suelo).

Comentamos, en primer lugar, que no son presentados valores para la modalidad D (testigo), una vez que la profundidad máxima de los tubos localizados en esta modalidad era de 2,00 m, no siendo los valores comparables con los restantes.

Se verifica que en 2007, como resultado de la pluviosidad ocurrida en otoño, invierno y primavera, la cantidad total de agua disponible para las plantas, y por lo tanto extraída, fue mayor.

Comparando con las modalidades regadas, el secano presenta valores similares, lo que demuestra que a pesar de la ausencia de inputs de agua de riego, el suelo provee una cantidad de agua utilizable elevada, de la orden de los 250 mm/270 cm de perfil.

En 2007, la zona de entrelínea presentó los mayores valores medios de agua transpirable total, comparativamente con todos los registros en la línea, lo que corrobora las observaciones en secano. O sea, en esta zona, a pesar de un suministro de agua apenas proveniente de precipitación natural, la reserva de agua disponible, y por lo tanto extraída, es elevada.

La comparación de los diferentes tipos de cobertura x tipo de suelo (Figura 4.29b) muestra que no hay diferencias considerables entre ellos, esencialmente en 2008, año en el que la cantidad de precipitación ocurrida en otoño-invierno fue insuficiente para rellenar toda la reserva de agua del suelo.

En las Figuras 4.30 y 4.31, se puede observar, para los dos años de ensayo, la extracción de agua en cuatro capas de suelo: 0 a 50 cm; 50 a 100 cm; 100 a 200 cm; 200 a 270 cm.

En la capa superficial (0 – 50 cm) se verifican los mayores valores de extracción de agua, sea en 2007 o en 2008. No obstante, comparando los dos años, se verifica que hay una modificación de la distribución de agua utilizada en las restantes capas.

Mientras que en 2007 el consumo hídrico en el segundo metro de suelo es similar al del primero, en 2008 el agua utilizada para transpiración de las plantas fue esencialmente procedente de las dos capas superiores, correspondientes al primer metro del perfil. De hecho, la proporción entre los valores de extracción hídrica en el primer metro duplica o incluso triplica a la extracción efectuada en el segundo metro de profundidad.

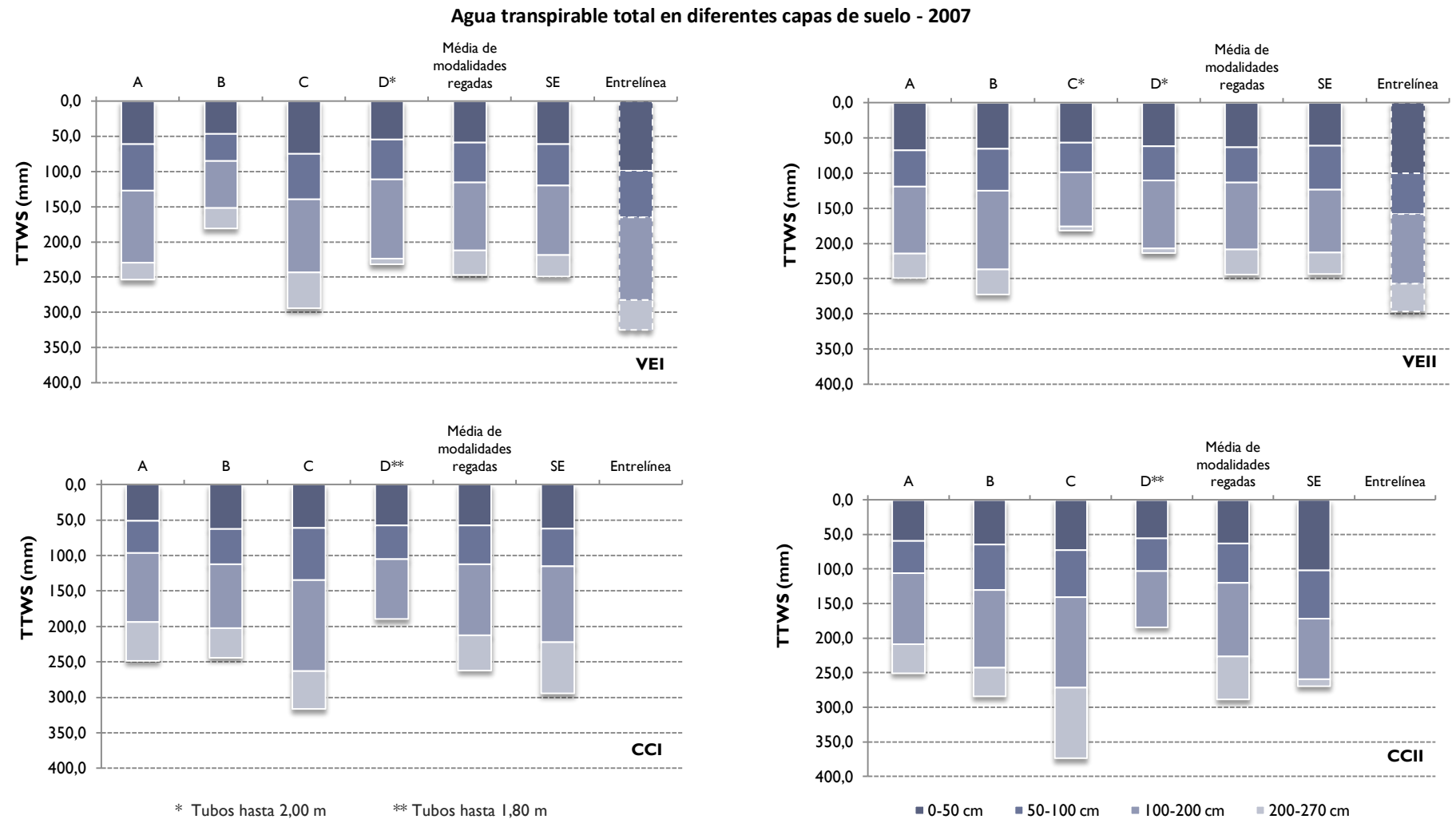


Figura 4.30 – Valores medios de agua transpirable total en las capas de suelo de 0 a 50 cm, de 50 a 100 cm, de 100 a 200 cm y de 200 a 270 cm, para cada tipo de cobertura x tipo de suelo, en 2007.

Agua transpirable total en diferentes capas de suelo - 2008

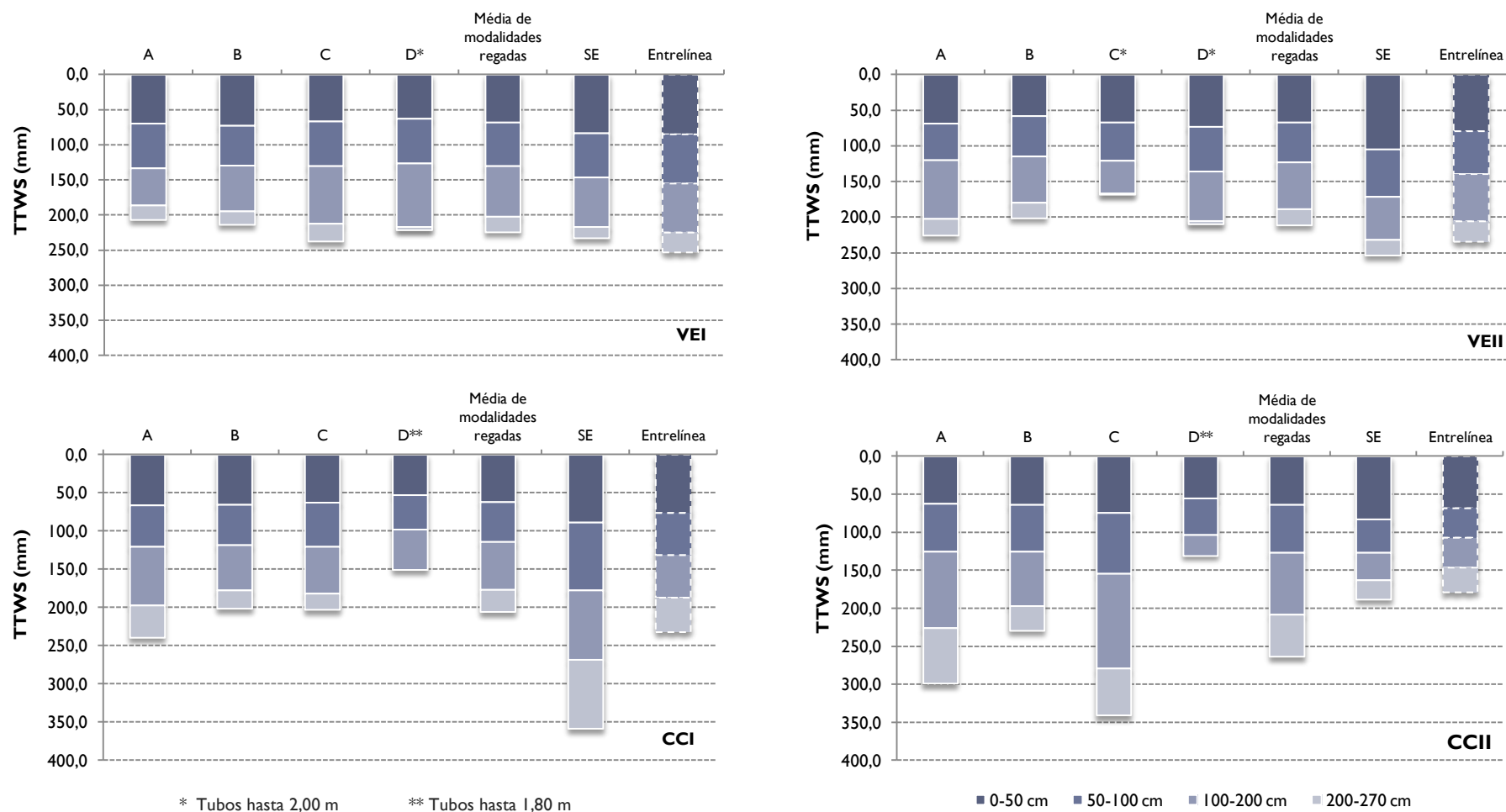


Figura 4.31 – Valores medios de agua transpirable total en las capas de suelo de 0 a 50 cm, de 50 a 100 cm, de 100 a 200 cm y de 200 a 270 cm, para cada tipo de cobertura x tipo de suelo, en 2008.

Esto podrá estar relacionado con los consumos del cultivo de cobertura que, como defiende Celette (2008), retira el agua de las capas superficiales del perfil, donde se disponen sus raíces.

Las vides continúan explorando la humedad almacenada en capas más profundas, a partir de 2,00 m, pero con consumos menores. Todavía, en 2007, la extracción media en la capa 200 – 270 cm, es superior a la del 2008, confirmando un mayor suministro de agua en el perfil.

Por otro lado, cuando se confronta la extracción en la capa más profunda de las parcelas con vegetación espontánea con los de las parcelas con *cover crop*, se verifica que en estas últimas los valores son superiores. Es decir que, debido a la competición con el encespedado, las vides son “estimuladas” a ir en busca del agua disponible a mayores profundidades.

Observando las columnas referentes a la entrelínea, comprobamos que la distribución de la extracción hídrica por capas de suelo, hasta los 2,70 m de profundidad, confirma que las vides utilizan esta zona para su alimentación hídrica, independientemente de un mayor o menor suministro de agua de la lluvia.

4.5.3. Evolución temporal del almacenamiento de agua en la línea y en la entrelínea

En las Figuras 4.32 a 4.35 se presenta la evolución temporal, en 2007 y 2008, de la extracción de agua disponible en las modalidades A, B, C y SE, y en la entrelínea (siempre que los datos lo permitieron), de los diferentes tipos de cobertura x tipo de suelo estudiados.

De la observación de estas figuras, resalta, en primer lugar, que los valores de agua disponible son siempre mayores en 2007, como ya se había verificado del análisis de los valores de *TTSW*.

La pendiente de las líneas refleja los períodos de lluvia y los riegos aplicados. En 2007, las lluvias abundantes verificadas en abril producen un aumento de la cantidad de agua disponible en el perfil, más evidente en la entrelínea con vegetación espontánea del suelo 1 (Figura 4.32).

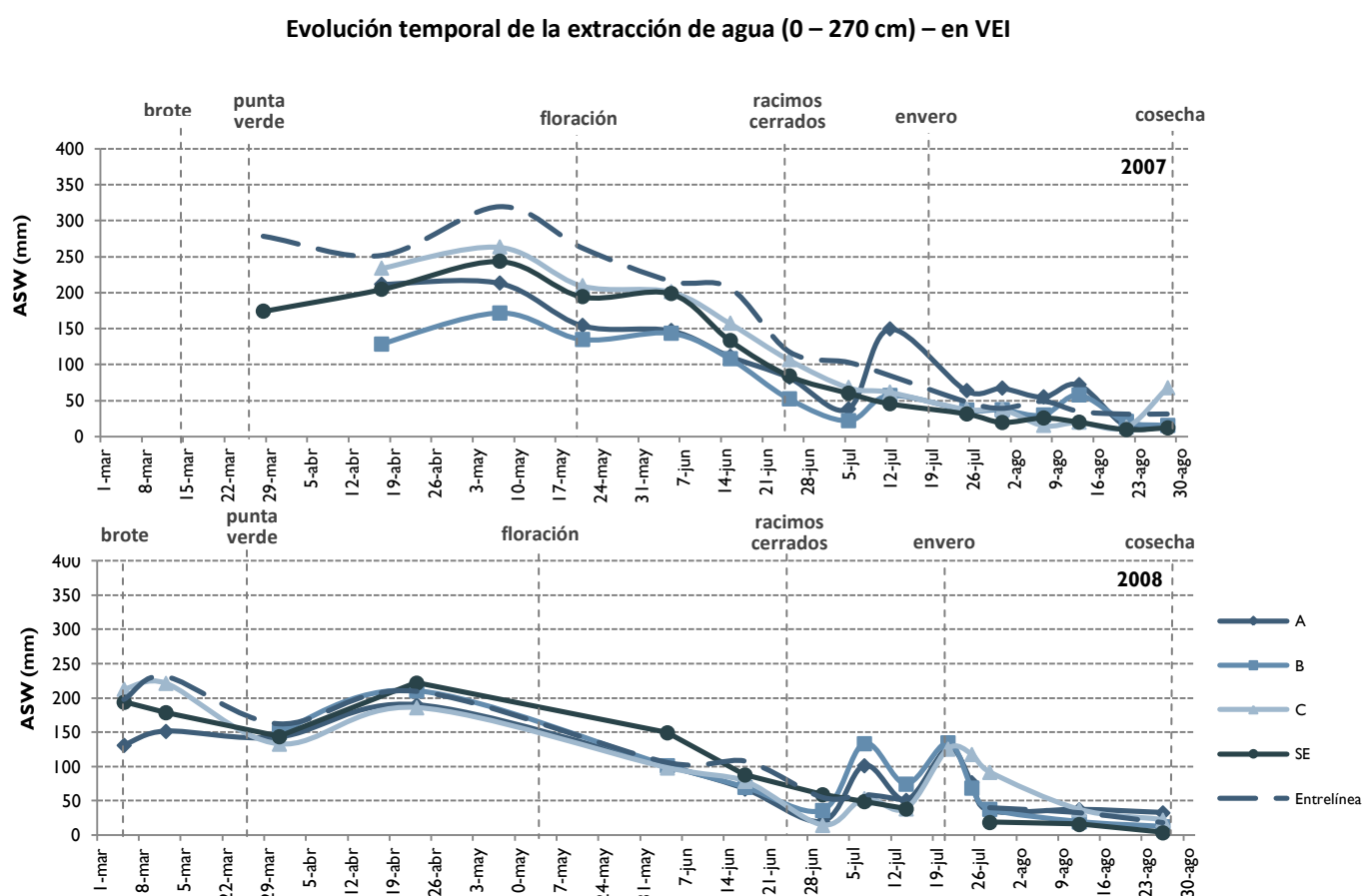


Figura 4.32 – Variación a lo largo del ciclo, en VEI, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en secano y en la entrelínea, en 2007 y 2008.

El primero y el sexto riego fueron los que presentaron respuestas más claras, principalmente en las modalidades de confort hídrico.

En 2008, llovieron 44 mm entre 17 y 20 de abril. Todas las modalidades, incluyendo la zona de entrelínea, en todos los tipos de cobertura x suelo, presentan aumento de ASW en el perfil, en la fecha de monitorización de 23 de abril.

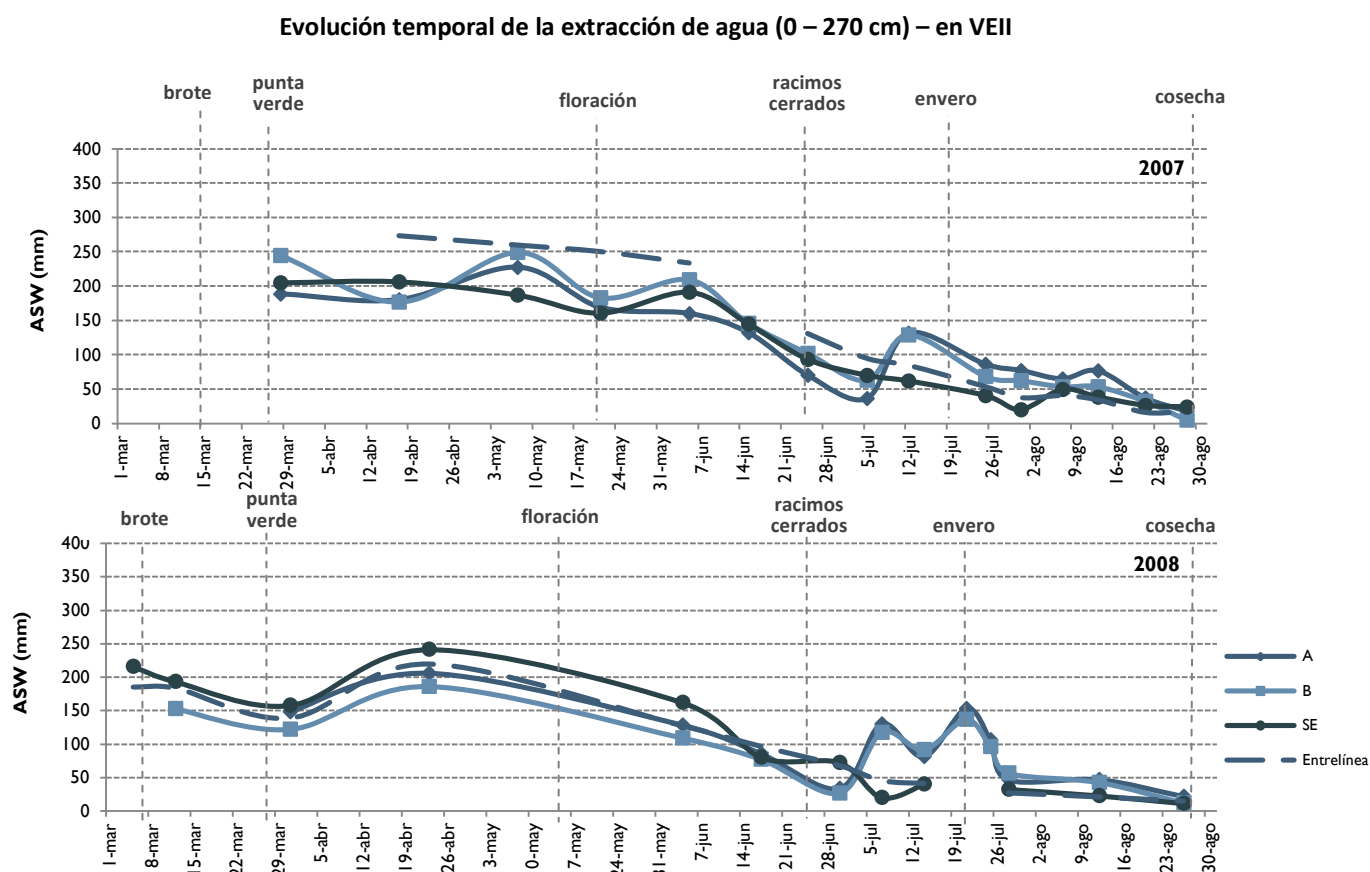


Figura 4.33 – Variación a lo largo del ciclo, en VEII, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.

Después de este período se observa una pendiente negativa hasta finales de junio. Los dos picos más pronunciados en las líneas correspondientes a las modalidades regadas se verifican como respuesta a los dos primeros riegos (30 de junio y 15 de julio). Además, se observa que los descensos que se siguen son muy acentuados, indicando una tasa de consumo de agua elevada, en conformidad con los valores de ET_0 registrados en este período (valor mínimo de $5,7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ y valor máximo de $7,7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, entre 27 de junio y 24 de julio de 2008).

En cualquiera de los años, se confirma que las menores extracciones de agua en el perfil tienen lugar en las fechas próximas a la cosecha, tal como ya se había observado cuando se examinaron los parámetros eco-fisiológicos potencial hídrico de base de la hoja, tasa de nieta de fotosíntesis, conductancia estomática y tasa de transpiración.

Evolución temporal de la extracción de agua (0 – 270 cm) – en CCI

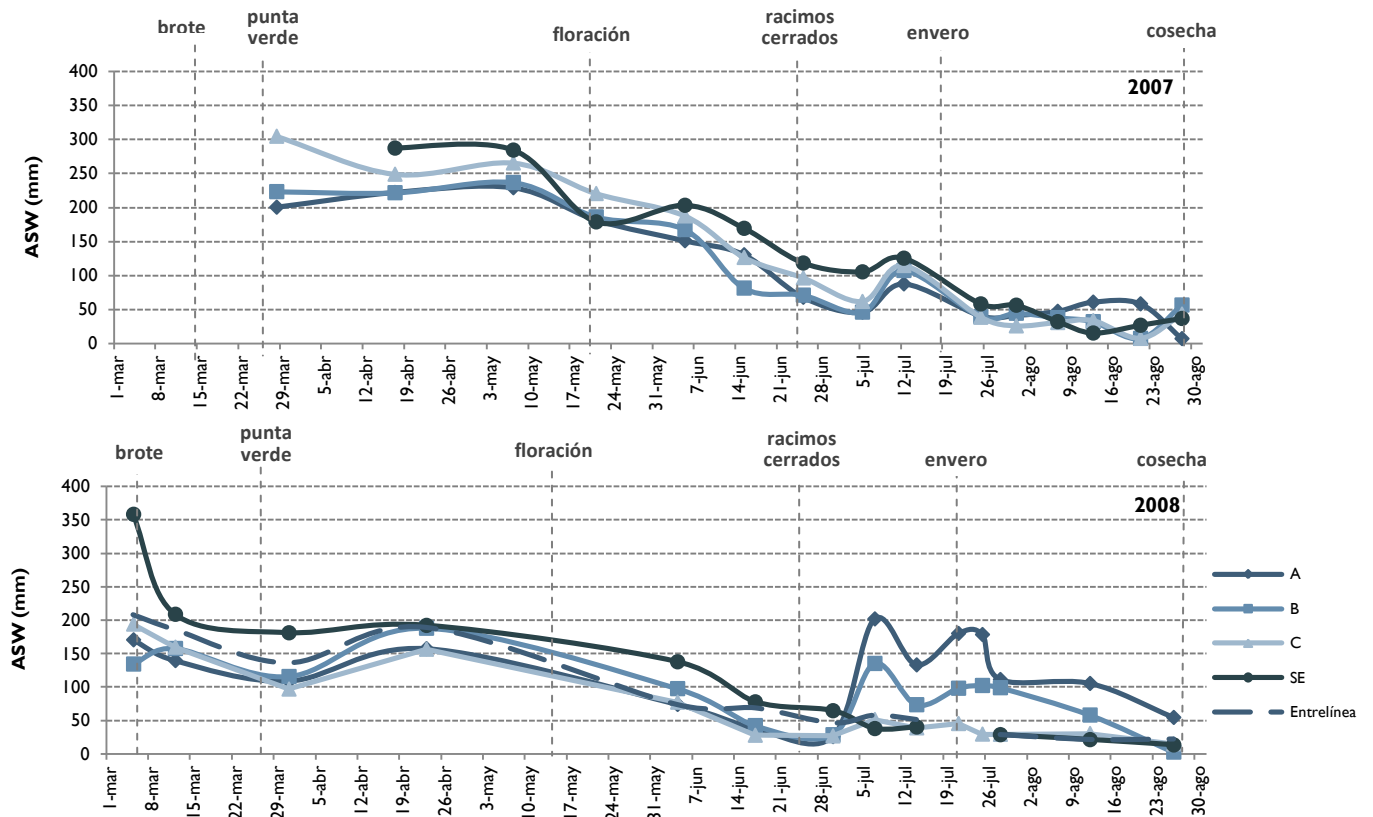


Figura 4.34 – Variación a lo largo del ciclo, en CCI, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.

Una observación más atenta de la evolución de ASW en seco, en los diferentes tipos de cobertura x suelo, muestra que los valores son muy similares a los verificados en las modalidades regadas. Sólo en 2008, entre la fase de racimos cerrados y envero, son más bajos, especialmente que los de las modalidades A y B. Con todo, en este periodo la existencia de stress hídrico moderado es benéfica, porque la calidad de la producción no fue afectada.

En lo que respecta a la variación temporal del almacenamiento de agua en la zona de entrelínea, comprobamos que antes del inicio de los riegos ésta evoluciona como la registrada en la línea, tanto en modalidades regadas como de seco.

Es decir que tras el corte de la cobertura vegetal, que tiene lugar entre finales de abril e inicios de mayo, las vides siguen extrayendo agua en este compartimiento del suelo a lo largo de su ciclo de desarrollo. El consumo de agua en la entrelínea se verifica durante todo el ciclo.

El sistema radicular perenne realiza una extracción preferencial en la zona de la línea y son predominantemente las raíces finas y flexibles emitidas cada año, creciendo en las fisuras del suelo, con un desarrollo dinámico y adaptativo al medio, las que realizan los consumos en los compartimentos más profundos y en la entrelínea.

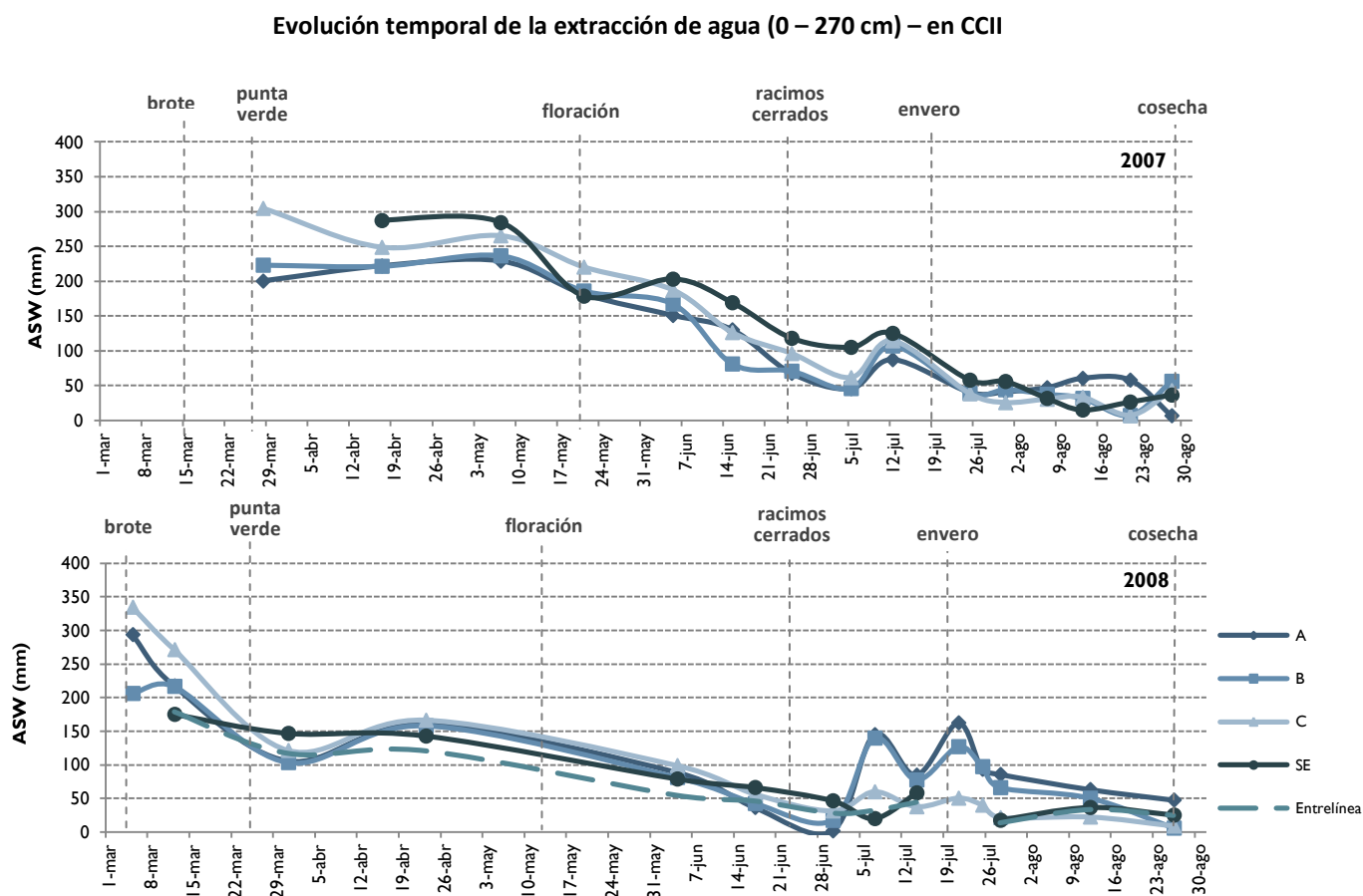


Figura 4.35 – Variación a lo largo del ciclo, en CCII, de los valores medios de agua disponible en el perfil, en las modalidades A, B y C, en seco y en la entrelínea, en 2007 y 2008.

4.5.4. Dinámica de consumo hídrico en diferentes compartimientos del suelo

A fin de efectuar un análisis más pormenorizado de la evolución de la extracción en la entrelínea, se obtuvieron, para las modalidades A, C y de secano, la variación de ASW a lo largo de los dos años de estudio, en las capas 0 – 50 cm, 50 – 100 cm, 100 – 200 cm y 200 – 270 cm (Figuras 4.36 a 4.39).

En cada grafico, las líneas corresponden a las diferentes combinaciones de tipos de cobertura x suelo. Además, se optó por indicar por medio de una barra verde el momento aproximado del corte de la vegetación de cobertura. A pesar de algunos datos que faltan, se pueden observar algunas tendencias importantes.

De un modo general, la extracción hídrica es mayor en la modalidad A, en cualquiera de las capas. Con todo, a partir de los 2,00 m de profundidad, la modalidad de secano presenta valores de extracción muy similares a los de las restantes modalidades (Figuras 4.38c y 4.39c).

En cada capa, los valores de máxima extracción se obtienen en el mismo periodo en cualquiera de las modalidades analizadas. Tras el corte de la vegetación de cobertura, se produce un decrecimiento de la cantidad de agua extraída, más evidente en la capa superficial, con una pendiente más pronunciada de las líneas.

Los máximos en las capas intermedia (50 – 100 cm) y profunda (100 – 200 cm) se verifican con algún retraso, lo que es indicativo de que las plantas solo empiezan a utilizar el agua disponible a mayores profundidades después de realizar el consumo en la capa superficial. En la capa más profunda (200 – 270 cm), este retraso es aún más evidente. En este compartimiento, a pesar de la pequeña variación temporal, las oscilaciones observadas demuestran que hay utilización del agua disponible.

Aunque solamente existen datos para las parcelas con *cover crop* en 2008, se verifica que en éstas la extracción es ligeramente inferior en el primer metro de profundidad, en comparación con la parcela con vegetación espontánea (Figuras 4.36c y 4.37c).

Simultáneamente, se observa que hasta el corte del *cover crop* la extracción es superior a partir de los 2,00 m, indicando que la vid obtendrá el agua a mayores profundidades, donde no se hace sentir la competición con el encespedado.

Evolución temporal del agua disponible en la capa 0 – 50 cm de entrelínea

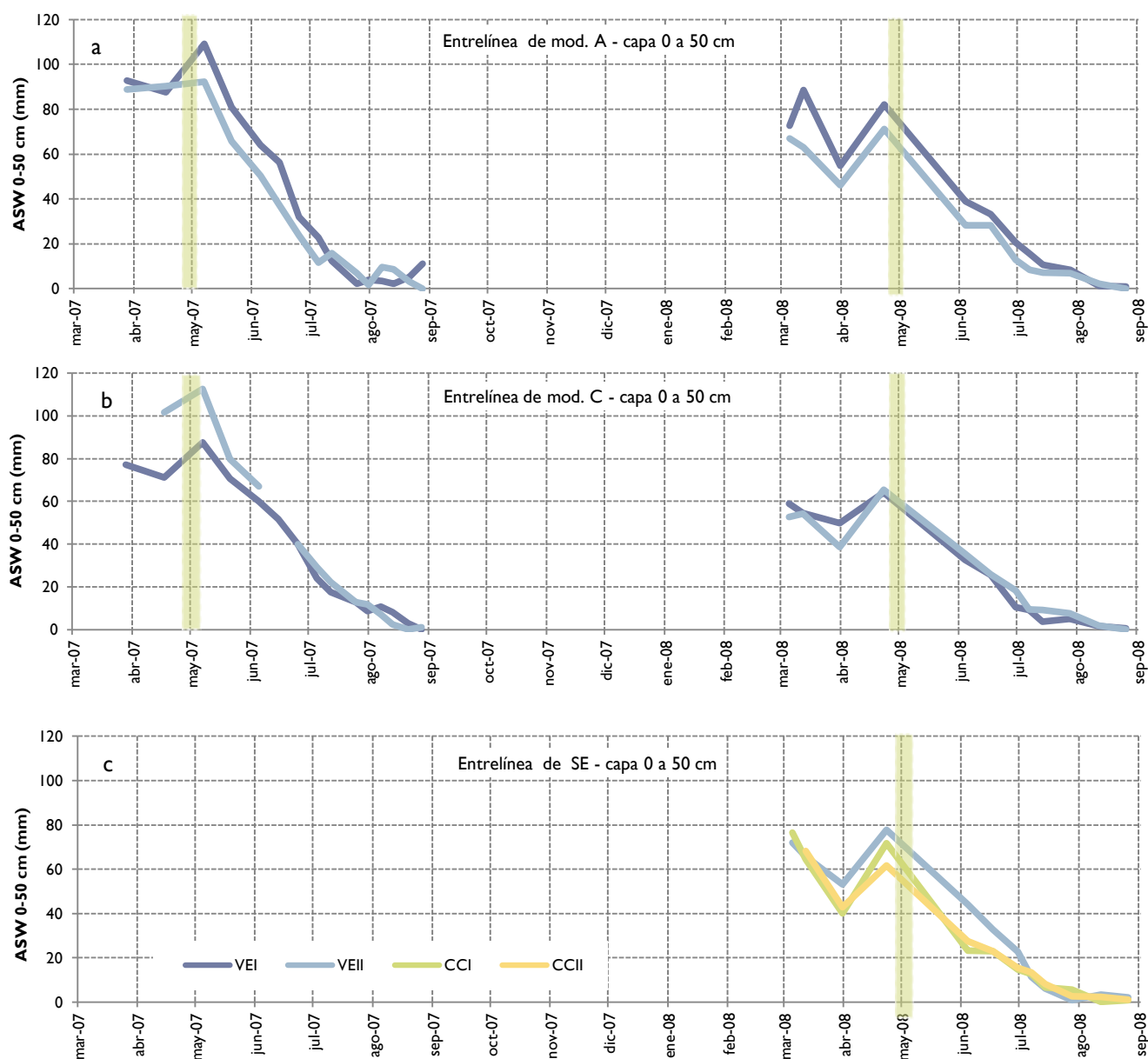


Figura 4.36 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa superficial (0-50 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c – secano). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.

Evolución temporal del agua disponible en la capa 50 – 100 cm de entrelínea

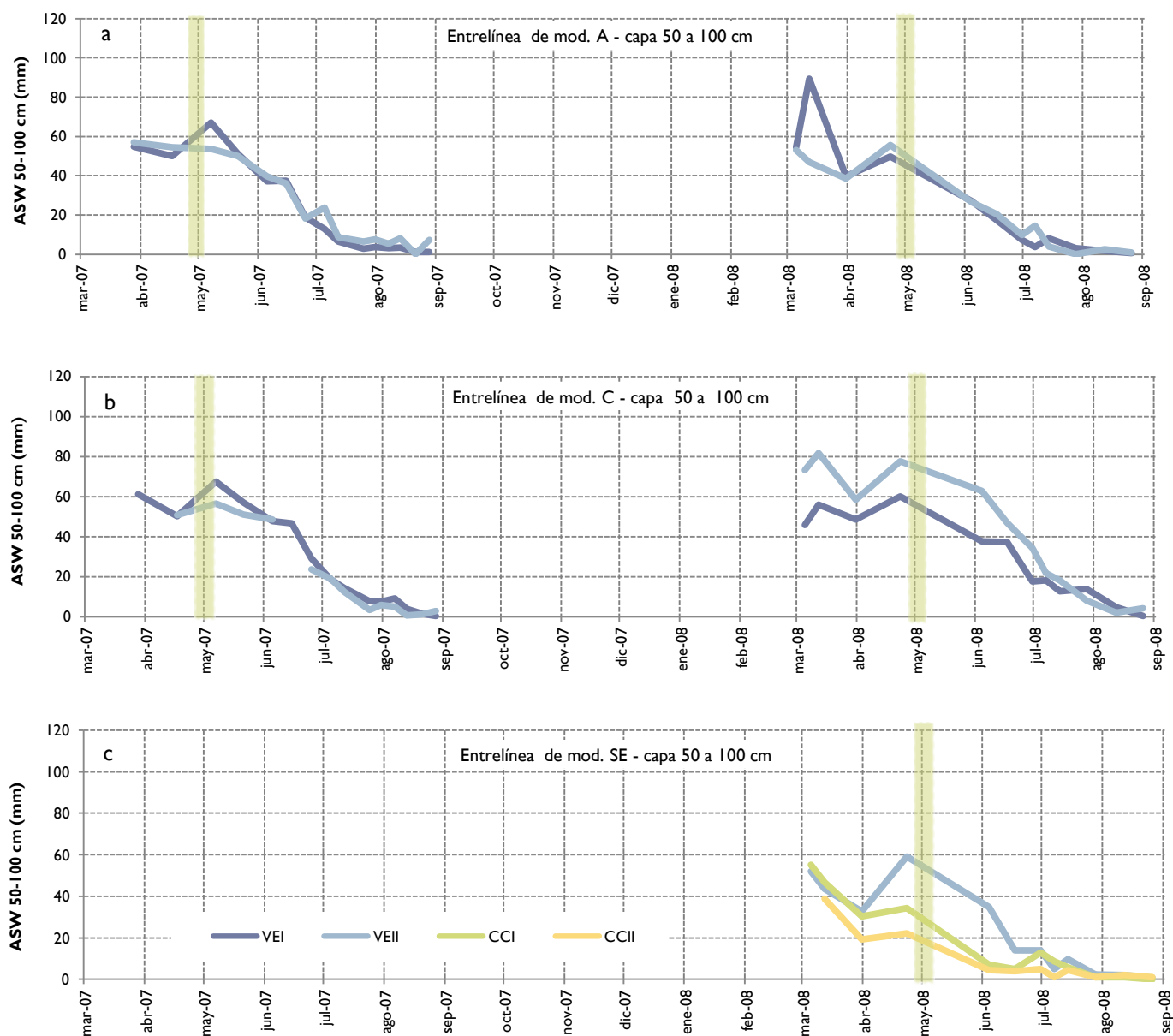


Figura 4.37 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa intermedia (50-100 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c – secano). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.

Evolución temporal del agua disponible en la capa 100 – 200 cm de entrelínea

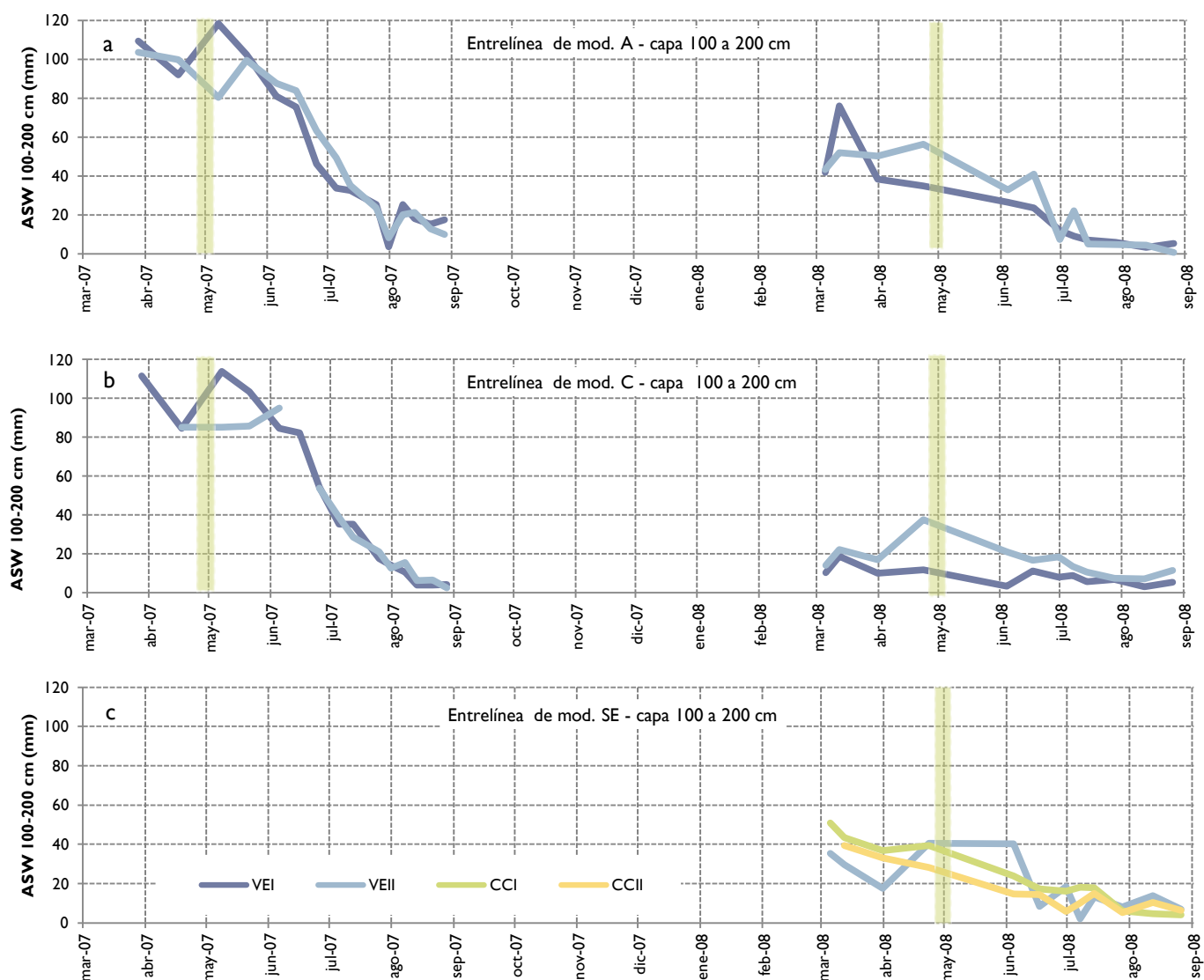


Figura 4.38 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa profunda (100-200 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c – seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.

Evolución temporal del agua disponible en la capa 200 – 270 cm de entrelínea

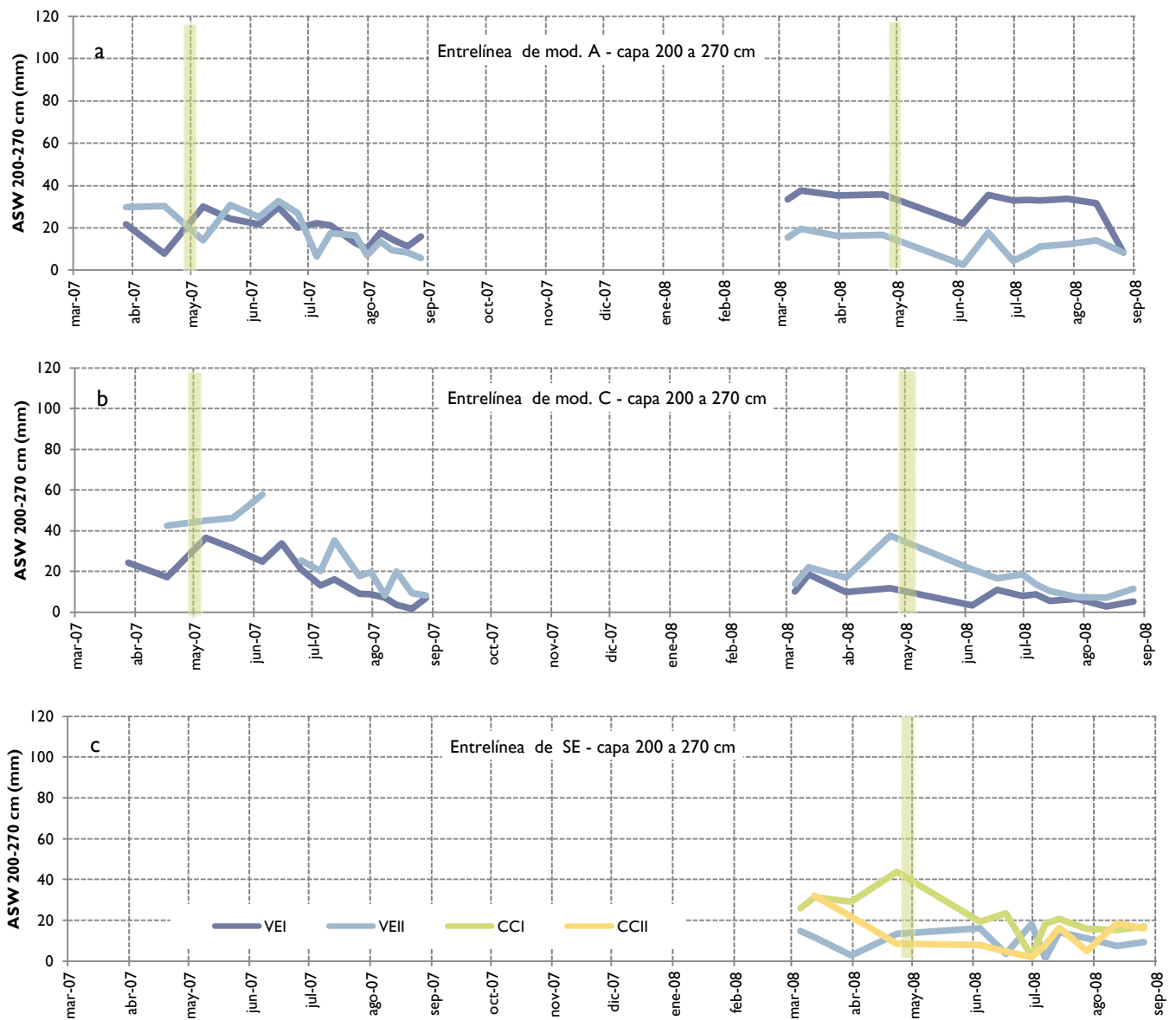


Figura 4.39 – Variación a lo largo del ciclo, de los valores medios de agua disponible en la capa más profunda (200-270 cm) de la entrelínea, en 2007 y 2008 (a - modalidad A; b - modalidad C; c – seco). Las barras a verde representan el periodo aproximado de corte de la vegetación de cobertura.

Se compararon los consumos hídricos de las vides bajo la presencia de diferentes tipos de cubierta vegetal en 6 compartimentos de suelo. Para eso, se obtuvieron las variaciones mensuales en el contenido en agua del suelo, en la modalidad de secano, donde los datos disponibles permitieron la confrontación entre los dos tipos de cobertura en ambos años de ensayo, en línea y en entrelínea (Figura 4.40).

Generalmente, por efecto de las lluvias de primavera, se verifica una variación positiva entre los meses de marzo y abril. En 2007, la excepción ocurre en el compartimento IL (capa intermedia de la línea) con vegetación espontánea (Figura 4.40c).

En 2008, todos los compartimentos en las parcelas con *cover crop* presentaron desecamiento desde marzo hasta agosto. Las excepciones a considerar son los compartimentos SL (capa superficial en la línea) y SEL (capa superficial en entrelínea), como se puede observar en las Figuras 4.40a y 4.40b.

La presencia del *cover crop* se evidencia en el año 2008, en los compartimentos en la entrelínea. El descenso en el contenido de humedad fue mayor principalmente en los primeros meses. Después, una vez cortado el cubierto, el desecamiento se produce más lentamente. Esta dinámica es más evidente en el compartimento SEL. De hecho, este es el compartimento donde los consumos del *intercrop* toman precedencia, una vez que su sistema radicular alcanza una profundidad de cerca de 40 cm, a pesar de que la mayor densidad de raíces se localiza en los primeros 20 cm.

En los compartimentos profundos— PL y PEL — se observa una reducción del contenido en humedad del suelo más fuerte en 2007 (Figuras 4.40e y 4.40f). En estos compartimentos, los descensos en el contenido de humedad dependen del régimen de lluvias verificado en cada año. En 2008, como resultado de un menor abastecimiento de agua en el perfil, éste se deseca más rápidamente, como se puede constatar cuando se comparan las barras de junio y julio. Sin embargo, las variaciones en la entrelínea con *cover crop* no son tan diferentes (Figura 4.40f), indicando un mejor suministro de agua en estas capas como resultado, por un lado, de una de mayor infiltración del agua de lluvia y, por otro, de que aún después del corte del *intercrop*, ocurren consumos de agua por la vid en esta zona del suelo.

Variación mensual del agua almacenada en diferentes compartimentos del suelo

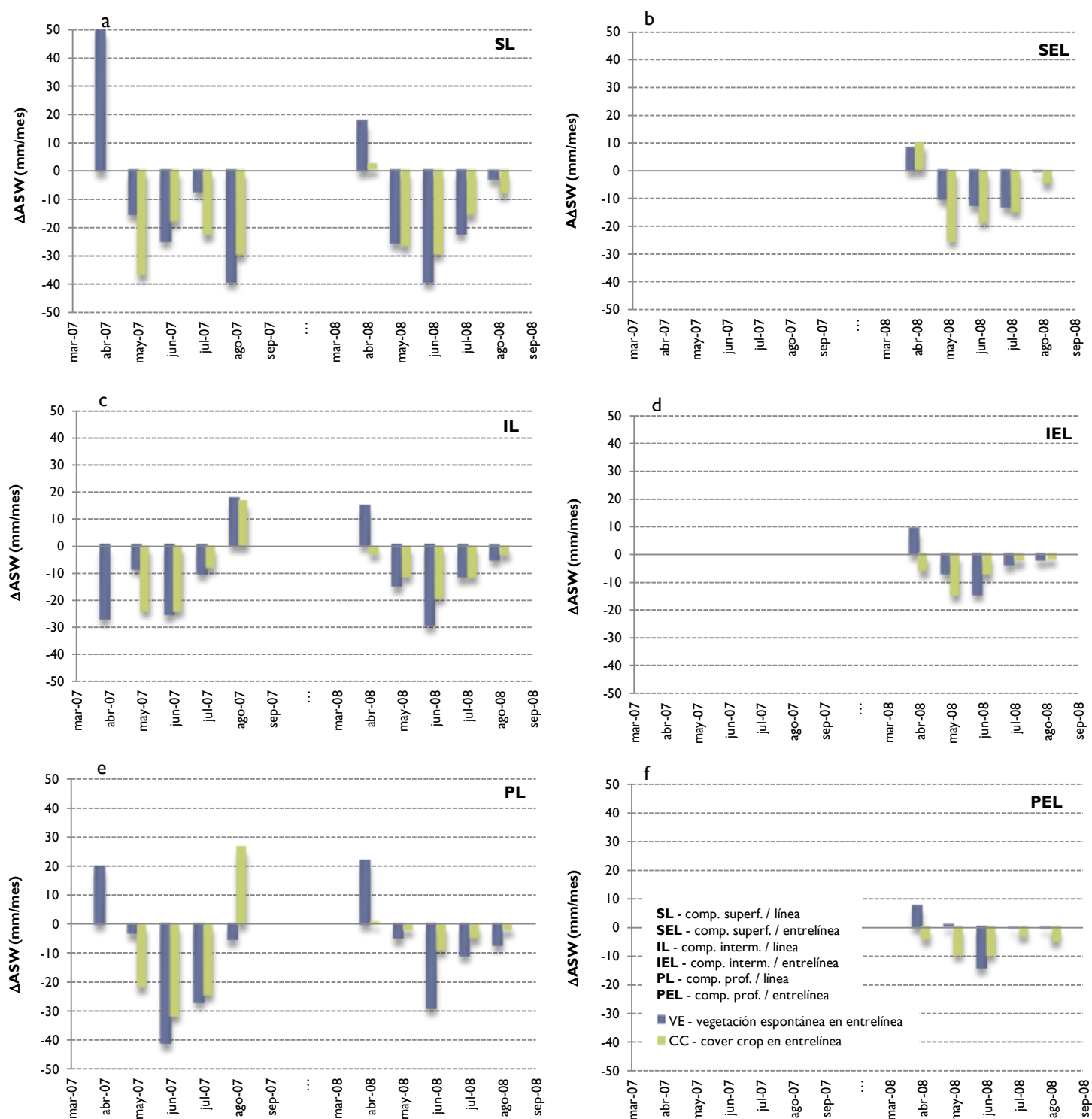


Figura 4.40 – Variación mensual del contenido en agua para los dos años de ensayo, en seco, en 6 compartimentos del suelo, con diferentes cubiertos vegetales en la entrelínea (a – capa 0-50 cm en la línea; b – capa 0-50 cm en la entrelínea; c – capa 50-100 cm en la línea; d – capa 50-100 cm en la entrelínea; e – capa 100-200 cm en la línea; f – capa 100-200 cm en entrelínea). Cada columna corresponde al valor medio de los dos suelos en cada tipo de cobertura vegetal.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no âmbito do estudo realizado, permitem fornecer as seguintes respostas às questões inicialmente colocadas:

1. Considerando como parâmetro de referência o potencial hídrico foliar de base, as regas poder-se-iam ter iniciado mais tarde, em qualquer dos anos de estudo, mesmo nas dotações deficitárias. Neste *terroir*, a decisão para o início da rega poderá ajustar-se para valores de potencial hídrico foliar de base próximos de -0,5 MPa. Para as regas subsequentes, a terem lugar, propõe-se considerar para o momento da rega um valor de cerca de -0,6 MPa.
2. Muito embora estejamos perante dois anos contrastantes no que respeita ao rendimento da vinha, as análises estatísticas efetuadas mostraram que a rega teve influência no peso da lenha de poda, na produção/ha e no peso/cacho. O efeito da rega no nº de cachos/planta apenas se fez sentir em 2008. Se a estes parâmetros adicionarmos os valores obtidos com a função de produtividade da água de rega, então foi a modalidade testemunha de rega deficitária (rega do agricultor) aquela que obteve os resultados mais interessantes. Na componente qualitativa, os resultados foram discordantes nos dois anos de estudo. No caso da composição das uvas, foram poucos e diferentes os parâmetros que apresentaram diferenças significativas em cada um dos anos. No caso do vinho, apenas se comprovou, em 2007, efeito da rega na acidez total.
3. O vigor e a produção são, de um modo geral, menores na presença de um enrelvamento semeado na entrelinha. Quanto à composição das uvas e do vinho, esta foi influenciada essencialmente no ano de 2008, destacando-se a melhor performance para os compostos fenólicos nas uvas das videiras implantadas nas parcelas com *cover crop* do solo 1.
4. Neste tipo de solos, as videiras consomem água até profundidades de cerca de 3,00 m e verifica-se uma eficácia crescente no uso da água disponível para dotações de rega decrescentes. A contribuição da rega para a produção depende da distribuição

intra-anual das chuvas e da sua efetividade no humedecimento do volume potencial do pedon que contribui para a alimentação hídrica da videira. Em 2007, ano de sobreprodução, o rendimento na modalidade de rega ultradeficitária foi de cerca do dobro relativamente às produções médias neste *terroir*. Em 2008, as chuvas de primavera não foram suficientes para abastecer todo o perfil do solo. Nas modalidades ultradeficitária e de sequeiro, o rendimento foi inferior ao das restantes modalidades. Neste ano, a rega teve um papel importante na obtenção de rendimentos maiores.

5. A extração hídrica ocorreu em todo o perfil, mesmo nas camadas mais profundas, tanto na linha como na entrelinha, principalmente nas modalidades de rega ultradeficitária e de sequeiro. Este consumo de água manteve-se em datas posteriores ao início da rega. Logo, neste tipo de solos, as videiras não suspendem o consumo de água na entrelinha após o início da rega. Embora a extração hídrica tome lugar preferencialmente na zona superficial da linha onde se dispõe a maior parte do seu sistema radicular perene, as raízes mais finas ajustam o seu desenvolvimento à disponibilidade de água nos diferentes compartimentos do solo.
6. Desde que o solo tenha água armazenada, as plantas localizadas nas parcelas com *cover crop* consomem água até cerca de 3,00 m de profundidade. Nas parcelas com vegetação espontânea fazem-no até aproximadamente 2,30 m. Assim, a extração hídrica da videira ocorre até profundidades 7,5 vezes superiores à do sistema radicular do *cover crop* (aproximadamente 40 cm, com a maior densidade de raízes até 20 cm). Ao longo do tempo, o *cover crop* exerce a sua influência forçando o sistema radicular da videira, principalmente as suas raízes finas, a procurar água disponível em camadas de solo progressivamente mais profundas. Esta tendência é mais evidente com a diminuição das dotações rega.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S., & Fuentes, S. (*in press*). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management* (2011).
- Afonso, J. (2009a). A uva. Consultado em 9 de Julho de 2010. Acedido em www.revistadevinhso.iol.pt/artigo195-a_uva
- Afonso, J. (2009b). Sulfuroso e Sulfitos. Consultado em 9 de Julho de 2010. Acedido em [www.revistadevinhso.iol.pt/artigo103-sulfuroso e sulfitos](http://www.revistadevinhso.iol.pt/artigo103-sulfuroso_e_sulfitos)
- Afonso, J. M., Monteiro, A. M., Lopes, C. M., & Lourenço, J. (2003). Enrelvamento do solo em vinha na região dos vinhos verdes. Três anos de estudo na casta 'Alvarinho'. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 18(2), 47-63.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, FAO, Roma.
- Ballatore, G.P., Ravelli, F. & Lombardo, V. (1970). Esperienze di irrigazione della vite sull'ambiente semiárido della Sicilia sudoccidentale. *Irrigazione*, 17, 25-36.
- Barroso, J.M. (2002). A rega da vinha. Uma oportunidade ou um perigo para a qualidade do vinho do Alentejo? *Vinea – Revista do vinho do Alentejo*, 0, 10-13.
- Burgess, S., Adams, M., Turner, N. & Ong, C. (1998). The redistribution of soil water by tree root systems. *Oecologia*, 115, 306-311.
- Cabrita, M.J., Ricardo-da-Silva, J. & Laureano, O. (2003). Os compostos polifenólicos das uvas e dos vinhos. *I Seminário Internacional de Vitivinicultura*, 24 y 25 de Septiembre de 2003, Ensenada, México.
- Carbonneau, A. (2004). Incidência do stress hídrico e do calor sobre a fisiologia da vinha e sobre a maturação da uva. *Internet Journal of Viticulture and Enology*, 6/2004. Acedido em www.infowine.com
- Celette, F., Gaudin, R., & Gary, C. (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adopting of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 29, 153-162.
- Celette, F., Wery, J., Chantelot, E., Celette, J., & Gary, C. (2005). Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.) - tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant and Soil*, 276, 205-217.

- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osório, M.L., ... Carvalho, I. (2002). How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany*, 89, 907-916.
- Cifre, J., Bota, J., Escalona, J. M., Medrano, H., & Flexas, J. (2005). Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.). An open gate to improve water-use efficiency? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 159-170.
- Correia, M.J., Pereira, J.S., Chaves; M.M., Rodrigues, M.L. & Pacheco, C.A. (1995). ABA xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown *Vitis vinifera* L. plants. *Plant Cell Environment*, 18, 511-521.
- CRCV - Cooperative Research Centre for Viticulture. (2005). Limitations of Regulated Deficit Irrigation. *Viti-notes*. Acedido em www.crcv.com.au
- De la Hera-Orts, M.L., Martínez-Cutillas, A., López-Roca, J.M. & Gómez-Plaza, E. (2004). Effects of moderate irrigation on vegetative growth and productive parameters of Monastrell vines grown in semiarid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2), 273-281.
- Deloire, A., Vaudour, E., Carey, V., Bonnardot, V., & Van Leeuwen, C. (2005). Grapevine responses to terroir: a global approach. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 39(4), 149-162.
- EEA - European Environment Agency. (2009). Water resources across Europe - confronting water scarcity and drought. *EEA Report 2/2009*.
- Esteban, M.A., Villanueva, M.J. & Lisarrague, J.R. (2002). Relationships between different berry components in Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grapes from irrigated and non-irrigated vines during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1136-1146.
- Feio, M. (1991). *Clima e agricultura. Exigências climáticas das principais culturas e potencialidades agrícolas do nosso clima*. Lisboa: Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação.
- Ferreira, M. I., & Silvestre, J. (2004). Medição da transpiração em cobertos descontínuos: vinha em diferentes declives, na região Oeste. *7º Congresso da Água*. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. 11 pp.
- Ferrer, M., González Neves, G., Priore, E., Montaña, A. & Carbonneau, A. (2008). Los componentes del rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv Merlot en función de la arquitectura de la planta. *Agrociencia*, XII(1), 6-19.
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulías, J., Pou, A., Ribas-Carbo, M., ... Medrano, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Vine Research*, 16, 106-121.

- Furie, J. C. (2010). Soil management in the Breede River Valley wine grape region, South Africa. 1. Cover crop performance and weed control. *South African Journal of Enology & Viticulture*, 31(1), 14-21.
- Garnier, E., & Berger, A. (1986). Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field. *Journal of Applied Ecology*, 23, 193-209.
- Girona, J. (2005). Análise da resposta da vinha à aplicação da técnica de PRD – “Partial Rootzone Drying”. *Extraído das publicações das Jornadas técnicas sobre a Inovação em Viticultura / Enología organizadas pela Station Régionale ITV Midi-Pyrénées, Toulouse. Internet Journal of Viticulture and Enology*, 6/2006. Acedido em www.infowine.com
- Girona, J., Gelly, M., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J., & Marsal, J. (2005). Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management*, 72, 97-108.
- Girona, J., Mata, M., del Campo, J., Arbonés, A., Bartra, E., & Marsal, J. (2006). The use of midday water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. Irrigation of fruit trees and vines. *Irrigation Science*, 24, 115-127.
- Girona, J. Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J. & Basile, B. (2009). Phenological sensitivity of berry growth and composition of Tempranillo grapevines (*Vitis vinífera* L.) to water stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 268-277.
- Goodwin, I. (2002). Managing water stress in grape vines in Greater Victoria. Department of primary Industries, Victoria, Australia. Consultado em 5 de Setembro de 2009. Acedido em www.dpi.vic.gov.au
- Granier, A. (1985). Une nouvelle methode pour la mesure du flux de seve brute dans le tronc des arbres. *Annales des Sciences Forestières*, 42, 193-200.
- Granier, A. (1987). Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiology*, 3, 309-320.
- Grant, O.M, Tronina, L., Jones, G.J. & Chaves, M.M. (2007). Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. *Journal of Experimental Botany*, 58(4), 815-825.
- Helweg, O. J. (1991). Functions of crop yield from applied water. *Agronomy Journal*, 83, 769-773.
- INE – Instituto Nacional de Estatística (2011). *Dados Estatísticos. Principais indicadores – Agricultura, Floresta e Pescas*. Consultado em 02 de Maio de 2011. Acedido em <http://www.ine.pt>
- INRB – Instituto Nacional de Recursos Biológicos (2011). *Aragonez*. Consultado em 07 de Setembro de 2011. Acedido em <http://www.inrb.pt>

- Intrigliolo, D. S., & Castel, J. R. (2007). Evaluation of grapevine water status from trunk diameter variations. *Irrigation Science*, 26 , 49-59.
- Keller, M. (2005). Estratégias de irrigação de uvas brancas e tintas. 33rd Annual New York Wine Industry Workshop. *Internet Journal of Viticulture and Enology*, 7. Acedido em www.infowine.com
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkouliti, A., Kotseridis, Y., & Van Leeuwen, C. (2006). Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation on nonirrigated Cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 , 5077-5086.
- Laget, F., Tondut, J. L., Deloire, A., & Kelly, M. T. (2008). Climate trends in a specific mediterranean viticultural area between 1950 and 2006. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42(3), 113-123.
- Lopes, C.M. & Pinto, P.A. (2000). Estimation de la surface foliaire principale et secondaire d'un sarment de vigne. *Progrès agricole et viticole*, 117, 160-166
- Lopes, C.M., Andrade, I., Pedroso, V. & Martins, S. (2004). Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta "Jaen". *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 19(2), 61-75.
- Lopes, C.M., Santos, T.P., Monteiro, A., Rodrigues, M.L., Costa, J.M. & Chaves, M.M. (in press). Combining cover cropping with deficit irrigation in a Mediterranean low vigor vineyard. *Scientia Horticulturae* (2011).
- Malheiro, A.C., Santos, J.A., Fraga, H. & Pinto, J. (2010). Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Research*, 43, 163-177
- Martínez-Cutillas, A., Romero, P. & Fernández, J.I. (2007). Técnicas de riego deficitario en el cultivo de la vid. *Vida Rural*, 244. Acedido em www.eumedia.es
- Medrano, H., Escalona, J.M., Bota, J., Gulías, J. & Flexas, J. (2002). Regulation of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*, 89, 895-905.
- Miller, D. E. (1986). Root systems in relation to stress tolerance. *HortScience*, 21 , 963-970.
- Monteiro, A., & Lopes, C. M. (2007). Influence of cover crop on water use and performance of vineyard in Mediterranean Portugal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121 , 336-342.
- Montoro, A., Mañas, F., López Urrea, R., Martínez Ruiz, D., López Fuster, P., & Fereres, E. (2005). Evapotranspiración de *Vitis vinifera* cv. Cencibel y relaciones hídricas en cv. Cencibel, Macabeo y Cabernet Sauvignon bajo riego deficitario controlado. XXIII Congreso Nacional de Riegos, Elche. 11 pp.

- Nadezhdina, N., Ferreira, I., Silva, R. & Pacheco, C.A. (2008). Seasonal variation of water uptake of a *Quercus suber* tree in Central Portugal. *Plant and Soil*, 305, 105-109.
- OIV – International Organisation of Vine and Wine. (2008). *World Statistics. OIV Report on the state of the vitiviniculture world market*. Consultado em 5 de Setembro de 2009. Acedido em www.oiv.int
- Ojeda, H. (2007a). Riego cualitativo de precisión en la vid. *Revista Enología* nº 6, Año III Enero – Febrero 2007, 14-17
- Ojeda, H. (2007b). Como se relaciona la calidad de la uva y del vino con el rendimiento del viñedo?. *Revista Enología* nº 5, Año IV Noviembre – Diciembre 2007, 5p.
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A. & Deloire, A. (2002). Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growyh of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(4), 261-267.
- Olesen, J. O. & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16 , 239-262.
- Oliveira, M. (1995). Efeitos da disponibilidade de água no solo nas produções da casta Touriga Francesa na Região Demarcada do Douro (Cima-Corgo). *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 12(2), 59-71.
- Pacheco, C.A. (1989). *Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção* (Tese de Doutoramento). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Patakas, A., Noiysakis, B. & Chouzouri, A. (2005). Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106 , 253-259.
- Payan, J.C.& Salançon, E. (2004). Definir o regime hídrico das parcelas. *Internet Journal of Viticulture and Enology*, 3/2004. Acedido em www.infowine.com
- PEDIZA. (2008). *Rega Deficitária em Vinha. Critérios de Condução da Rega Compatíveis com a Qualidade da Produção*. Coordenado por Pacheco, C.A. (Relatório Final do Projecto nº 2005.64.003787.4). Lisboa.
- Pellegrino, A., Gozé, E., Lebon, E. & Wery, J. (2006). A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *European Journal of Agronomy*, 25, 49-59.

- PMS Instrument Company (s.d.). *Is your crop stressed?* Consultado em 2 de Maio de 2011. Acedido em www.pmsinstrument.com
- Poni, S., Bernizzoni, F., Civardi, S., Gatti, M., Porro, D. & Camin, F. (2009). Performance and water-use efficiency (single-leaf vs. whole-canopy) of well-watered and half-stressed split-root Lambrusco grapevines grown in Po Valley (Italy). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 97-106.
- Reynolds, A. G., & Naylor, A. P. (1994). 'Pinot noir' and 'Riesling' grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *Horticultural Science*, 29(12), 1505-1510.
- Rodrigues, C.A. (2009). *Estratégias de gestão do coberto vegetal e da produção na casta "Touriga-Nacional" na região do Dão* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Agronomia, Lisboa Acedido em <http://hdl.handle.net/10400.5/1899>
- Scholander, P. F., Hammel, H. T., Bradstreet, E. D., & Hemmingsen, E. A. (1965). Sap flow in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- Schultz, H.R. & Stoll, M. (2010). Some critical issues in environmental physiology of grapevines: future challenges and current limitations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 4-24.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2003). *Optimizing soil moisture for plant production. The significance of soil porosity. FAO Soils Bulletin*, 79. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Silvestre, J., Mota, T., & Arantes, F. (2006). Estratégias de rega para a região dos vinhos verdes: apresentação de um caso estudo com a casta Vinhão. *Jornadas Técnicas "Ano Vitivinícola 2006"*. Comissão de Viticultura da Região dos Vinhos Verdes. Acedido em www.vinhoverde.pt
- Silvestre, J. (2008). Rega da vinha e composição fenólica das uvas. Comunicação apresentada no Seminário *Uso da água*. COTR - Centro Operativo e de Tecnologia do Regadio, Maio de 2008. Beja.
- Smart, R.E. & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine. A handbook for winegrape canopy management*. Winetittles, Adelaide. 88 pp.
- Sobral da Silva, M. (2009). *Controlo do rendimento na casta Aragonez* (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. Acedido em <http://hdl.handle.net/10400.5/2455>
- Taylor, J. A., Acevedo-Opazo, C., Ojeda, H., & Tisseyre, B. (2010). Identification and significance of source of spatial variation in grapevine water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 218-226.
- Tonietto, J. & Carbonneau, A. (2004). A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 81-97.

- Trambouze, W., & Voltz, M. (2001). Measurement and modelling of the transpiration of a Mediterranean vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107 , 153-166.
- Van Zyl, J.L. (1984). Response of 'Colombar' grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. *South African Journal of Enology and Viticulture* 5, 19-28.
- Wample, R. L. (2002). Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production. In *Deficit Irrigation Practices. Water Report*, 22. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wheaton, A. D., McKenzie, B. M., & Tisdall, J. M. (2008). Management to increase the depth of soft soil improves soil conditions and grapevine performance in an irrigated Vineyard. *Soil & Tillage Research*, 98 , 68-80.
- Williams, L. E., & Araujo, F. J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf, and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *Vitis vinifera*. *Journal of American Society of Horticulture Science*, 127(3) , 448-454.
- Williams, L. E., Grimes, D. W., & Phene, C.J. (2010). The effects of applied water at various fractions of measured evapotranspiration on reproductive growth and water productivity of Thompson Seedless grapevines. *Irrigation Science*, 28 , 233-243.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M. & Lider, L.A. (1974). *General viticulture*. Revised and enlarged edition. University of California Press. London.
- Zerihun, A., Lanyon, D. M., & Gibberd, M. R. (2010). Vine vigour effects on leaf gas exchange and resource utilization. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, 237-242.
- Zsófi, Zs., Gál, L., Szilágyi, Z., Szücs, E., Marschall, M., Nagy, Z. & Bálo, B. (2009). Use of stomatal conductance and pre-dawn water potential to classify terroir for the grape variety Kékfrankos. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15, 36-47.

Direcções electrónicas:

- <http://maps.google.pt/maps?hl=pt-PT&tab=w1> . Consultado em 25 de Maio de 2010.
- www.aprendernavinha.blogspot.com. Consultado em 8 de Setembro de 2008.
- www.drapal.min-agricultura.pt/producao/viticultura/mapavinha_dezembro2009.pdf. Consultado em 10 de Dezembro de 2009.
- www.min-agricultura.pt/vinhos. Consultado em 11 de Setembro de 2008.
- www.portaldovinho.pt. Consultado em 11 de Setembro de 2008

ANEXOS

ANEXO I - ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA VID

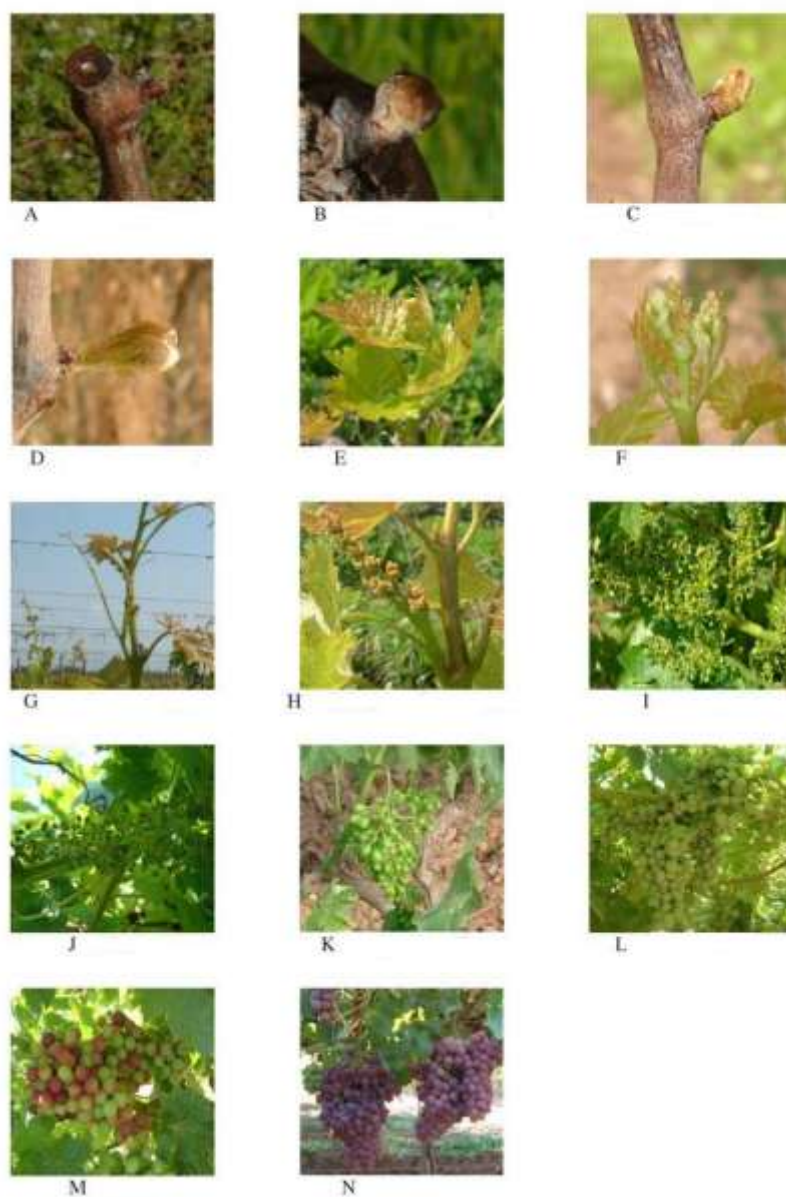


Figura A.1. – Estados fenológicos de la vid, según Baggiolini: A–Yema de Invierno; B–Yema de algodón; C–Punta verde; D–Salida de hojas; E–2 a 3 hojas libres; F–Racimos visibles; G–Racimos separados; H–Flores separadas; I–Floración; J–Cuajado; K–Baya de guisante; L–Racimo cerrado; M–Envero; N–Maduración (Adaptado de *APRENDER NA VINHA*, 2008).

ANEXO II - DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS PERFILES DE SUELO

Tabla A.1 – Descripción del perfil del suelo 1 (PEDIZA, 2008).

Horizonte	Características
Ap ₁ (0 – 20 cm)	Horizonte de color pardo oscuro 7.5 YR 3/2 (s), textura arcillo-limosa, con escasos elementos groseros, sin raíces, poco poroso y compacto, efervescencia viva al HCl. Transición plana para Ap ₂ .
Ap ₂ (20 – 50 cm)	Horizonte de color pardo oscuro 7.5 YR 3/2 (s), textura arcillo-limosa, con raros elementos groseros, moderadamente poroso con algunas raíces finas, medias y raras gruesas, con reacción al HCl. Transición plana para Ap ₃ .
Ap ₃ (50 – 80 cm)	Horizonte franco-arcillo-limoso, formado por bolsadas con algún grado de mistura de material idéntico a Ap ₂ y a la capa C ₁ en la proporción 60% Ap ₂ y 40% para C ₁ . El impacto morfológico de la acción de los dientes del subsolador puede ser identificado con relativa facilidad. Horizonte moderadamente poroso con bastantes raíces finas y medias y raras gruesas. Transición para C ₁ plana y evidente.
C ₁ (80 – 130 cm)	Capa de textura franco-arcillo-limosa con raros elementos groseros, formada por gabro-dioritas arenizadas, rica en CaCO ₃ secundario, de color gris clara y venos de material gris blando donde se localizan preferencialmente las raíces finas y medias que existen en cantidad apreciable, reacción fuerte al HCl. Transición para C ₂ es difusa.
C ₂ (130 - -200 cm)	Capa en que el grado de alteración del gabro-diorita es ligeramente inferior y los venos de material más blando son ligeramente más estrechas; capa con algunas raíces muy finas, pocas medias que circulan preferencialmente por zonas de material blando, reacción fuerte al HCl. transición difusa para C ₃ .
C ₃ (> 200 cm)	Capa donde el grado de alteración es menor y donde existen raras a pocas raíces finas.

Tabla A.2 – Descripción del perfil del suelo 2 (PEDIZA, 2008).

Horizonte	Características
Ap ₁ (0 – 15 cm)	Horizonte de color pardo a pardo oscuro, 7.5 YR 3/2 (s), textura arcillosa, con escasa grava, agregación poliédrica sub angular muy fina y fina fuerte, pequeña compacidad, moderadamente poroso, sin reacción al HCl. Transición plana y abrupta para Ap ₂ .
Ap ₂ (15 – 55 cm)	Horizonte de color pardo a pardo oscuro 7.5 YR 3/2 (s), textura arcillo-limosa, con raro cascajo de fragmentos de roca, compacidad media, poco poroso, con algunas raíces finas y medias y escasas gruesas distribuidas regularmente, sin reacción al HCl, húmedo. Transición plana y evidente para Bw ₁ .
BW ₁ (55 – 90 cm)	Horizonte de color más oscuro que Ap ₂ , 7.5 YR 2.5/2 (s), denotando algún hidromorfismo, textura arcillo-limosa, con escasa grava de fragmentos de roca, sin reacción al HCl en la tierra fina, compacidad media a grande, con pocas raíces finas y medias y algunas gruesas con trayecto horizontal. Transición irregular y evidente para Bw ₂ .
BW ₂ (90 – 115 cm)	Horizonte de textura arcillosa, con bastante grava y algún cascajo de fragmentos de roca, algunos de los cuales con reacción débil al HCl, agregación poliédrica sub angular a prismática grosera fuerte, compacidad elevada. Demuestra fuerte hidromorfismo con zonas de coloración gris oscuro de constitución arcillosa que exhiben superficies pulidas muy evidentes (<i>slikensides</i>), con raras raíces finas y medias. Transición abrupta y evidente para C ₁ .
C ₁ (115 – 135 cm)	Capa de acumulación de mucha grava, cascajo y muy poca tierra fina de textura arcillo-limosa y coloración blanquecina a parda. Transición irregular y difusa para C ₂ .
C ₂ (135 - -220 cm)	Capa de gabro-diorita moderadamente alterada, con reacción fuerte al HCl, compacidad elevada a muy elevada, con raras raíces muy finas y finas hasta el fondo de la cueva.

ANEXO III – DATOS DE DISTRIBUCIÓN DE RAÍCES

Tabla A.3 – Distribución de raíces de diferentes clases de diámetro, en el suelo 1.

Prof. (cm)	Clases de diámetro de las raíces				
	1 ($\varnothing < 2$ mm)	2 ($2 < \varnothing < 5$ mm)	3 ($5 < \varnothing < 10$ mm)	4 ($10 < \varnothing < 20$ mm)	5 ($\varnothing > 20$ mm)
5	110	0	0	0	0
10	235	10	0	0	0
15	265	0	0	0	0
20	190	0	0	0	0
25	80	5	0	0	0
30	240	20	0	0	0
35	635	35	10	10	0
40	435	40	0	15	0
45	250	35	25	0	0
50	105	25	5	0	5
55	60	10	0	0	5
60	105	0	0	0	0
65	150	30	0	0	0
70	120	5	0	0	0
75	155	0	0	0	0
80	125	0	0	0	0
85	95	0	0	0	0
90	140	0	0	0	0
95	205	0	0	0	0
100	210	10	0	0	0
105	375	30	0	0	0
110	300	20	0	0	0
115	175	5	0	0	0
120	155	5	0	0	0
125	245	25	0	0	0
130	180	10	0	0	0
135	110	10	0	0	0
140	60	0	0	0	0
145	95	15	5	0	10
150	295	35	0	0	0
155	210	25	0	0	0
160	25	0	0	0	0
165	60	0	0	0	0
170	15	0	0	0	0
175	145	0	5	0	5
180	160	15	0	0	5
185	55	10	5	0	0
190	95	5	0	0	0
195	70	5	0	0	0
200	30	0	0	0	0
205	40	0	0	0	0
210	45	0	0	0	0
215	55	0	5	0	0
220	45	0	0	0	0
225	60	0	0	0	0
230	35	0	0	0	0
235	20	0	0	0	0
240	0	5	0	0	0
245	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0

Tabla A.4 – Distribución de raíces de diferentes clases de diámetro, en el suelo 2.

Prof. (cm)	Clases de diámetro de las raíces				
	1 ($\varnothing < 2$ mm)	2 ($2 < \varnothing < 5$ mm)	3 ($5 < \varnothing < 10$ mm)	4 ($10 < \varnothing < 20$ mm)	5 ($\varnothing > 20$ mm)
5	5	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0
15	25	10	0	0	0
20	5	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0
30	30	50	5	0	5
35	60	55	10	0	0
40	70	55	5	0	15
45	95	25	15	0	70
50	40	55	5	5	50
55	35	30	10	0	0
60	60	0	0	0	0
65	30	10	0	0	0
70	15	5	0	0	0
75	20	5	0	0	0
80	10	5	0	0	0
85	15	0	0	0	0
90	20	5	0	0	0
95	5	10	0	0	0
100	0	0	0	0	0
105	0	10	0	0	0
110	0	0	0	0	0
115	5	0	0	5	0
120	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0
135	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0
145	5	0	0	0	0
150	5	0	0	0	0
155	25	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0
165	10	0	0	0	0
170	15	0	0	0	0
175	5	0	0	0	0
180	10	5	0	0	0
185	5	5	0	0	0
190	5	5	0	0	0
195	10	10	0	0	0
200	5	10	0	0	0
205	5	10	0	0	0
210	0	0	0	0	0
215	0	0	0	0	0
220	0	0	0	0	0
225	0	0	0	0	0
230	0	0	0	0	0
235	0	0	0	0	0
240	0	0	0	0	0
245	0	0	0	0	0

ANEXO IV – DATOS METEOROLÓGICOS

Tabla A.5 – Datos meteorológicos mensuales, en 2007.

Data	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			HR (%)	Viento (m/s)	ET ₀ (mm/día)
		T. Med	T. Máx	T. Min			
ene-07	31,7	8,7	15,6	3,9	86,7	1,3	1,1
feb-07	46,9	11,7	17,4	7,5	86,5	2,1	1,7
mar-07	7,5	12,5	19,8	6,0	67,5	2,2	3,0
abr-07	66,2	14,5	21,6	8,6	74,8	1,9	3,3
may-07	52,7	18,1	25,8	11,2	66,3	1,9	4,5
jun-07	19,5	21,4	29,4	13,8	61,4	1,9	5,5
jul-07	0,2	25,3	35,1	15,5	49,0	2,0	6,8
ago-07	11,4	24,3	33,4	15,6	52,7	1,8	5,7
sep-07	36,7	22,2	30,9	15,4	65,6	1,3	3,8

Tabla A.6 – Datos meteorológicos mensuales, en 2008.

Data	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)			HR (%)	Viento (m/s)	ET ₀ (mm/día)
		T. Med	T. Máx	T. Min			
ene-08	56,6	11,1	17,7	6,1	85,6	1,1	1,1
feb-08	80,2	12,5	19,7	7,5	80,3	1,2	1,7
mar-08	20,3	12,7	20,2	6,4	72,7	1,9	2,7
abr-08	87,0	15,8	23,1	9,0	68,3	2,0	3,6
may-08	32,3	16,4	23,2	10,7	73,8	1,9	3,5
jun-08	0,0	23,7	32,7	14,1	51,6	1,6	6,1
jul-08	3,8	24,4	33,7	15,3	53,2	2,0	6,5
ago-08	0,0	24,4	34,1	15,1	52,5	1,8	5,9
sep-08	45,2	21,2	29,6	14,2	64,6	1,3	3,9

ANEXO V – CALENDARIZACIÓN DE RIEGOS

Tabla A.7 – Calendario de riegos durante 2007.

	Día	marzo		abril		mayo			junio		julio				agosto							
		P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	Dotación (mm)				P (mm)	ET ₀ (mm)	Dotación (mm)				
												A	B	C	D			A	B	C	D	
	1		2,2	1,9	2,8		3,3		5,6		6,8						6,7	31,4	23,2	7,9	15,7	
	2		2,1	2,4	2,2	23,6	2,4		6,5		6,8						5,8					
	3	0,1	2,2	1,1	2,5		3,0		6,7		6,8						6,1					
	4	0,8	1,7		3,1		2,3		6,4		7,5						6,6					
	5		2,4		3,0		4,4		6,8		6,8					0,1	6,3					
	6		1,9	0,6	2,9		5,3		6,8		7,0						5,3					
	7	0,8	2,8		3,0		4,6		6,0		7,4						5,5					
	8		3,4		2,2		4,7		3,5		7,8						5,5	31,4	23,2	7,9	15,7	
	9		3,0		2,9	0,1	5,0		5,2		7,9						6,0					
	10		4,3	3,4	2,2		5,5		4,6		6,9						6,1					
	11		4,1	16,6	1,6		4,9		5,7		7,3	28,3	18,9	4,7	9,4		5,9					
Yema de algodón	12		2,6	0,7	2,6		4,6		5,8		6,9						5,9					
	13		3,2		3,7		4,2		5,5		7,3						5,1					
	14		2,8		3,7		4,9	0,7	3,6		7,2						5,5	31,4	23,2	7,9	15,7	
	15		2,9		3,9		5,3	4,8	2,5		6,6						5,1					
Racimos libres	16		3,1		4,9		5,5	2,9	2,5		6,0						6,3					
	17		3,5		5,4		6,3	11	4,3		6,2			7,9	15,7		5,8					
	18		3,4		4,5		6,2		5,0		7,1	31,4	23,2				6,5					
Floración	19		3,3	7,5	3,5		6,1	0,1	3,6		6,8						6,9					
	20		3,7	11,2	1,7	0,1	3,9		4,7		6,4						7,1					
	21		3,8	7,4	3,1		4,1		5,4		6,4						7,4					
Punta verde	22		3,2		4,4	9	2,5		6,4		6,3						6,6	15,7	15,7	15,7	15,7	
	23		2,8		4,6	6,4	4,0		6,9	0,2	4,0						6,2					
	24		3,2		3,7	0,1	3,5		6,5		6,3						5,7					
Racimos cerrado	25	0,1	2,0	11,2	2,8		3,8		5,7		6,2					11,3	2,6					
	26	1	1,4		3,6	13,4	2,6		6,2		7,2			7,9	15,7		2,9					
	27		3,5		3,6		4,2		5,9		6,8	31,4	23,2				5,0					
	28	2,6	3,5		4,3		5,5		6,4		6,6						5,5			Vendimia		
	29		3,8		4,4		5,7		6,7		6,5						5,0					
	30		3,7	2,2	3,5		5,3		6,8		7,6						4,9					
	31	2,1	2,7				5,2				7,5						5,3					

Tabla A.8 – Calendario de riegos durante 2008

	Día	marzo		abril		mayo		junio						julio						agosto					
		P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	P (mm)	ET ₀ (mm)	Dotación (mm)				P (mm)	ET ₀ (mm)	Dotación (mm)				P (mm)	ET ₀ (mm)	Dotación (mm)			
										A	B	C	D			A	B	C	D			A	B	C	D
Yema de algodón	1		2,4		3,9		4,5		3,7						7,7						7,2				
	2		2,7		4,2		4,1		3,8						6,5						5,9				
	3		2,8		4,5		4,5		5,1						7,0						6,5				
	4		3,3		4,5		4,7		5,5						6,9						6,3				
	5		3,4		3,8		4,3		5,6						6,6						6,5				
	6		2,6		4,0		5,0		5,4						7,5						6,9				
	7		2,8	2,4	3,0		4,6		6,1						6,8	Inicio de envero					6,8				
	8		2,6	28,1	0,9		3,8		6,9						6,5						6,5				
Racimos libres	9		2,6	5,2	2,3	1,0	3,6		6,3						6,6						5,7	31,4	23,2	7,9	15,7
	10		1,2	6,0	2,3		3,5		4,8						7,1						6,6				
	11		2,5		3,9		2,7		5,7						6,3						6,0				
	12		2,8		3,5		3,0		6,3						6,9						4,8				
Floración	13		3,0	1,1	2,5	0,8	2,4		6,7						6,6						6,7				
	14		2,9		3,6		3,3		7,0						5,7						6,6				
	15		3,1		3,6	0,9	2,5		6,4					3,8	6,1			15,2	30,4		6,5				
Baya de guisante	16		2,9		4,0	2,0	2,4		4,1						6,5	60,8	45,6				5,0				
	17		2,4	1,6	3,1		4,2		5,4						6,5						5,6				
	18	0,2	2,4	15,5	3,2	0,4	3,6		6,3						6,7	Envero					6,1				
	19	14,8	1,9	15,4	2,4	1,4	3,5		6,3						6,7						6,5	Vendimia			
	20	2,8	2,2	11,7	2,5	2,5	2,4		6,2						6,2						5,9				
Punta verde	21		3,0		3,6		3,5		6,9						6,5						4,7				
	22	2,4	2,3		3,0		3,3		6,9						6,6						6,1				
	23		3,3		3,3	11,1	1,9		6,5						6,7						5,8				
	24		3,1		4,3		3,4		6,7						6,8						5,9				
	25		2,3		5,0	3,3	3,4		6,6						4,7						5,8				
Racimos cerrado	26		3,0		5,1		3,2		6,5						6,1						5,6				
	27		2,6		5,1	4,3	2,7		7,2						6,5						5,6				
	28		2,4		4,3		3,4		7,3						6,5						5,0				
	29		3,5		4,4	4,6	3,8		7,3						6,8						4,8				
	30		3,1		4,4		3,8		7,4	59,3	44,8	15,2	29,6		6,3	60,8	45,6	15,2	30,4		4,0				
	31		3,5				4,1								6,1						4,8				

ANEXO VI – DATOS DE BIOMASA AÉREA DE LA COBERTURA DEL SUELO

Tabla A.9 – Materia seca total, en 2007*.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	MST (g/m ²) (media de 2 registros)
CCI	A	126,1
	B	96,3
	C	159,0
	D	187,8
CCII	A	175,2
	B	158,4
	C	177,2
	D	203,4

* Para tratamiento de los datos sólo se tuvo acceso a los valores medios

Tabla A.10 – Materia seca total, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	MST (g/m ²)
VEI	A	286,1
		385,1
	B	367,0
		254,0
	C	511,1
		208,9
	D	278,2
		354,1
VEII	A	500,6
		238,7
	B	523,7
		193,6
	C	403,4
		278,0
	D	289,4
		238,0
CCI	A	698,8
		718,5
	B	459,9
		880,6
	C	947,8
		998,7
	D	940,6
		816,7
CCII	A	1195,8
		1031,0
	B	521,9
		388,2
	C	1094,0
		643,6
	D	823,9
		1001,9

ANEXO VII – DATOS DE VIGOR Y RENDIMIENTO

Tabla A.11 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Peso leña de poda (kg)	IR	Nº racimos/cepa	Peso/racimo (g)	Producción (t/ha)	Dotación de riego (m³/ha)	CWPf (kg/m³)
VEI	A	0,87	11,9	32	323,6	36,98	2010	18,4
		1,17	7,2	21	412,4	30,20	2010	15,0
		1,22	6,9	26	325,2	30,20	2010	15,0
				22	597,9	46,98	2010	23,4
		0,79	7,4	17	344,4	20,91	2010	10,4
		1,41	4,2	16	384,2	21,27	2010	10,6
		0,95	6,7	15	423,6	22,70	2010	11,3
		1,28	7,2	21	438,3	32,87	2010	16,4
		0,87	7,2	23	278,4	22,37	2010	11,1
		0,76	8,4	16	410,0	22,70	2010	11,3
	B	1,07	11,3	32	382,7	43,05	1500	28,7
		1,12	8,7	29	342,3	34,84	1500	23,2
		0,78	9,2	17	420,9	25,55	1500	17,0
				20	387,7	27,70	1500	18,5
		1,13	8,7	27	365,0	35,20	1500	23,5
		1,19	7,5	21	436,8	31,98	1500	21,3
		0,74	10,1	23	333,5	26,80	1500	17,9
		0,95	9,8	30	309,3	33,14	1500	22,1
		1,32	6,5	26	337,8	30,77	1500	20,5
		0,95	9,8	22	435,1	33,41	1500	22,3
	C	0,84	7,6	22	288,8	22,70	600	37,8
		1,14	8,2	22	425,2	33,41	600	55,7
		1,08	7,8	24	359,8	30,20	600	50,3
		1,01	6,6	19	349,2	23,70	600	39,5
		1,11	8,1	24	375,2	32,16	600	53,6
		1,23	6,6	25	324,2	28,95	600	48,2
		1,20	7,8	23	404,6	33,23	600	55,4
		1,15	5,7	25	260,2	23,23	600	38,7
		0,90	8,2	20	370,2	26,45	600	44,1
		0,97	8,5	21	400,2	29,30	600	48,8
	D	1,20	8,5	22	474,6	36,45	1040	35,0
		1,11	6,3	17	425,7	25,09	1040	24,1
		1,58	6,9	19	570,8	38,73	1040	37,2
		0,74	10,1	20	381,8	26,59	1040	25,6
		1,06	7,7	22	380,2	29,20	1040	28,1
		0,74	9,9	24	310,8	26,09	1040	25,1

Tabla A.11 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2007 (continuación).

		0,80	10,4	23	369,1	29,66	1040	28,5
		1,54	6,4	23	438,0	35,20	1040	33,8
		0,80	6,6	16	339,0	18,77	1040	18,0
		1,26	9,0	31	372,3	40,55	1040	39,0
VEII	A	1,20	7,0	23	365,9	30,05	2010	15,0
		1,21	8,1	25	394,2	35,20	2010	17,5
		0,82	9,0	21	361,2	26,45	2010	13,2
		1,21	7,6	22	418,4	32,87	2010	16,4
		1,13	9,2	25	416,2	37,16	2010	18,5
		1,21	8,2	33	301,7	35,55	2010	17,7
		0,69	9,9	19	361,3	24,52	2010	12,2
		1,11	7,9	29	308,9	31,45	2010	15,6
		0,87	10,5	24	387,4	32,52	2010	16,2
		1,15	7,8	22	416,5	31,98	2010	15,9
	B	1,15	7,0	20	402,7	28,77	1500	19,2
		1,06	7,7	19	438,6	28,98	1500	19,3
		1,15	8,0	22	419,8	32,98	1500	22,0
		1,04	8,0	23	361,1	29,66	1500	19,8
		0,95	10,0	28	346,4	34,02	1500	22,7
		0,87	9,4	26	313,6	29,12	1500	19,4
		0,63	10,2	21	307,4	23,05	1500	15,4
		0,93	9,1	21	411,0	30,09	1500	20,1
		0,99	7,1	25	280,2	25,02	1500	16,7
		0,94	6,7	21	305,1	22,34	1500	14,9
	C	0,69	10,2	23	311,8	25,05	600	41,8
		1,03	5,5	21	275,8	20,20	600	33,7
		0,87	7,1	19	325,2	22,07	600	36,8
		1,05	7,8	30	276,4	29,12	600	48,5
		0,92	6,8	17	368,5	22,37	600	37,3
		1,22	6,5	22	361,6	28,41	600	47,3
		0,59	7,6	14	333,7	16,09	600	26,8
		0,92	8,4	28	280,2	27,52	600	45,9
		0,86	7,4	22	291,1	22,87	600	38,1
		0,84	8,2	19	363,4	24,66	600	41,1
	D	1,02	8,6	22	397,9	31,27	1040	30,1
		1,17	8,3	22	443,4	34,84	1040	33,5
		1,17	6,8	23	355,8	28,59	1040	27,5
		0,85	9,1	23	342,4	27,52	1040	26,5
		0,69	9,6	21	316,4	23,73	1040	22,8
		1,38	5,5	18	431,7	26,98	1040	25,9
		0,79	13,8	26	419,4	38,95	1040	37,4
		1,06	9,8	25	422,6	36,98	1040	35,6

Tabla A.11 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2007 (continuación).

		1,29	5,0	18	361,4	23,23	1040	22,3
		1,34	8,6	26	444,4	41,27	1040	39,7
CCI	A	0,84	9,9	22	386,3	29,66	2010	14,8
		0,94	10,1	22	432,0	33,95	2010	16,9
		1,19	5,7	25	270,2	24,12	2010	12,0
		0,91	7,7	20	359,2	25,02	2010	12,4
		1,26	7,7	24	402,3	34,48	2010	17,2
		0,86	7,9	18	386,0	24,12	2010	12,0
		0,64	9,9	19	331,8	22,52	2010	11,2
		1,15	7,4	22	386,6	30,37	2010	15,1
		1,04	3,9	13	311,9	14,48	2010	7,2
		1,05	5,2	15	367,0	19,66	2010	9,8
	B	0,68	7,1	16	310,6	17,20	1500	11,5
		0,85	7,3	18	344,7	22,16	1500	14,8
		0,71	12,2	21	422,2	30,91	1500	20,6
		1,30	5,8	19	405,7	26,80	1500	17,9
		0,99	8,3	19	434,5	29,48	1500	19,7
		1,04	7,6	20	392,7	28,05	1500	18,7
		1,12	7,7	21	409,7	30,73	1500	20,5
		1,34	5,2	24	287,7	24,66	1500	16,4
		1,14	6,8	21	378,3	27,70	1500	18,5
		1,14	7,0	19	418,7	28,41	1500	18,9
	C	0,91	7,4	18	386,0	24,12	600	40,2
		1,19	5,1	18	346,0	21,62	600	36,0
		1,07	6,3	24	285,3	23,95	600	39,9
		0,82	10,4	17	515,4	30,37	600	50,6
		0,84	7,0	15	393,6	21,09	600	35,1
		0,80	5,6	14	330,0	15,91	600	26,5
		0,94	7,8	15	490,3	26,27	600	43,8
		0,98	8,3	25	326,2	29,12	600	48,5
		1,06	5,5	16	374,5	20,73	600	34,6
		0,83	8,5	19	381,3	25,20	600	42,0
	D	1,02	8,0	20	407,7	29,12	1040	28,0
		1,17	5,9	15	460,3	24,66	1040	23,7
		1,73	6,0	28	378,4	37,16	1040	35,7
		1,45	5,3	19	402,9	27,34	1040	26,3
		1,24	8,8	25	438,2	39,12	1040	37,6
		0,94	6,8	19	344,3	22,75	1040	21,9
		1,19	6,2	23	329,1	26,45	1040	25,4
		1,03	7,3	21	368,5	26,98	1040	25,9
		1,18	8,6	26	400,2	36,45	1040	35,0
		1,43	5,1	22	334,0	25,95	1040	24,9

Tabla A.11 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2007 (continuación).

CCII	A	0,82	10,2	23	371,3	29,84	2010	14,8
		0,74	12,8	27	358,7	33,95	2010	16,9
A		0,55	19,9	25	438,2	39,12	2010	19,5
		1,13	6,3	22	331,4	25,45	2010	12,7
		0,89	10,1	20	459,2	31,98	2010	15,9
		0,75	12,1	20	455,2	32,52	2010	16,2
		0,94	7,5	16	437,8	25,02	2010	12,4
		0,94	8,7	22	381,6	29,30	2010	14,6
		0,90	6,3	23	253,5	20,37	2010	10,1
		1,12	7,0	21	371,7	27,87	2010	13,9
B		0,69	12,5	24	368,3	30,91	1500	20,6
		0,70	11,1	18	443,1	27,70	1500	18,5
		0,80	13,1	24	437,7	37,52	1500	25,0
		0,70	11,2	24	327,3	28,05	1500	18,7
		0,81	10,6	28	312,0	30,64	1500	20,4
		0,73	9,2	19	352,9	23,95	1500	16,0
		0,86	11,6	21	474,0	35,55	1500	23,7
		0,84	10,1	22	384,3	30,20	1500	20,1
		0,86	8,9	19	402,9	27,34	1500	18,2
		0,76	11,3	21	417,3	30,55	1500	20,4
C		0,66	5,7	13	288,8	13,41	600	22,3
		0,84	11,7	28	356,5	35,02	600	58,4
		1,01	6,7	22	307,0	24,12	600	40,2
		0,81	9,7	27	290,9	28,05	600	46,8
		0,72	8,1	20	300,2	20,91	600	34,8
		0,71	12,2	20	443,8	30,91	600	51,5
		0,54	8,9	15	320,3	17,16	600	28,6
		0,60	10,4	18	347,5	22,34	600	37,2
		0,73	8,9	16	406,5	23,23	600	38,7
		0,64	8,8	14	403,9	20,20	600	33,7
D		0,56	14,6	28	291,2	29,12	1040	28,0
		0,87	10,2	26	349,2	31,80	1040	30,6
		0,72	13,5	27	368,1	34,84	1040	33,5
		1,30	5,5	16	445,9	25,48	1040	24,5
		0,86	11,6	25	406,3	35,55	1040	34,2
		1,12	5,7	17	376,7	22,87	1040	22,0
		0,72	13,0	20	481,3	33,52	1040	32,2
		0,87	7,0	17	359,1	21,80	1040	21,0
		0,74	8,4	22	288,6	22,16	1040	21,3
		0,78	9,4	19	397,5	26,27	1040	25,3

Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPF, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Peso leña de poda (kg)	IR	Nº racimos/cepa	Peso/racimo (g)	Producción (t/ha)	Dotación de riego (m³/ha)	CWPF (kg/m³)
VEI	A	0,83	5,0	17	200,2	14,87	2120	7,0
		1,01	3,8	15	258,4	13,84	2120	6,5
		1,16	3,2	13	294,4	13,14	2120	6,2
		1,14	2,5	14	207,8	10,02	2120	4,7
		0,94	2,2	15	140,3	7,52	2120	3,5
		1,28	4,3	18	303,0	19,48	2120	9,2
		0,82	3,3	17	159,1	9,66	2120	4,6
		1,1	3,2	20	182,3	12,70	2120	6,0
		0,84	3,3	18	157,4	9,84	2120	4,6
		0,63	4,0	16	158,1	9,03	2120	4,3
	B	0,83	3,5	15	195,3	10,46	1590	6,6
		0,96	3,4	18	186,0	11,62	1590	7,3
		0,49	4,7	15	159,6	8,27	1590	5,2
		0,62	3,5	14	155,7	7,78	1590	4,9
		0,86	2,6	11	200,4	7,87	1590	5,0
		1,05	3,2	20	174,6	12,16	1590	7,6
		0,67	4,0	16	165,9	9,48	1590	6,0
		0,93	5,1	20	241,3	16,80	1590	10,6
		1,22	3,4	19	218,7	14,84	1590	9,3
		0,79	6,0	22	221,1	16,98	1590	10,7
	C	0,83	2,5	18	116,9	7,52	540	13,9
		0,77	2,9	17	132,6	8,05	540	14,9
		0,92	3,1	18	161,7	10,11	540	18,7
		0,64	4,2	11	245,9	9,66	540	17,9
		0,66	3,8	15	167,0	8,95	540	16,6
		0,94	2,8	14	196,6	9,48	540	17,6
		0,88	3,5	17	188,2	11,09	540	20,5
		0,96	2,5	16	155,1	8,59	540	15,9
		0,72	3,5	15	168,6	9,03	540	16,7
		0,73	2,9	14	152,1	7,61	540	14,1
	D	0,9	4,2	20	195,1	13,59	1060	12,8
		0,74	4,6	23	148,0	12,16	1060	11,5
		1,23	2,8	19	186,7	12,34	1060	11,6
		0,56	4,6	14	182,5	9,12	1060	8,6
		0,89	2,5	14	167,0	8,05	1060	7,6
		0,52	4,2	13	169,6	7,87	1060	7,4
		0,5	3,3	12	143,9	5,91	1060	5,6
		1,09	3,3	18	200,3	12,87	1060	12,1

Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2008 (continuación).

		0,6	5,2	16	194,0	11,09	1060	10,5
		1	3,8	17	230,6	13,59	1060	12,8
	SE	1,09	2,3	22	118,8	9,12	0	
		0,92	2,5	19	120,0	8,14	0	
		0,71	3,8	15	186,5	9,66	0	
		1,08	4,1	20	220,2	15,73	0	
		0,95	4,0	21	186,8	13,68	0	
		1,37	2,2	10	303,0	10,82	0	
		0,97	3,0	14	218,9	10,55	0	
		0,99	3,0	19	162,4	10,73	0	
		0,85	2,6	14	157,5	7,87	0	
		1,28	2,5	15	210,3	11,27	0	
VEII	A	1,28	3,0	16	240,9	13,77	2120	6,5
		1,15	3,9	22	204,8	16,09	2120	7,6
		0,93	3,6	15	220,3	11,80	2120	5,6
		1,3	5,2	27	256,8	24,30	2120	11,5
		1,005	3,9	19	212,1	14,02	2120	6,6
		1,04	3,0	19	167,8	11,09	2120	5,2
		0,68	4,6	16	197,2	11,27	2120	5,3
		1,04	3,4	20	179,7	12,52	2120	5,9
		0,81	3,7	15	208,9	10,82	2120	5,1
		1,13	2,7	13	240,4	10,73	2120	5,1
	B	1,16	3,9	23	202,4	16,27	1590	10,2
		1,18	3,0	19	189,4	12,52	1590	7,9
		1,4	3,2	17	265,0	16,09	1590	10,1
		1	2,7	15	184,8	9,57	1590	6,0
		1,06	2,3	13	185,0	8,59	1590	5,4
		0,78	4,0	17	188,2	11,09	1590	7,0
		0,68	1,9	9	153,5	4,66	1590	2,9
		1,04	3,2	15	231,4	11,98	1590	7,5
		1,23	2,2	15	183,1	9,48	1590	6,0
		1,04	3,0	19	166,0	11,27	1590	7,1
	C	0,51	5,6	18	163,1	10,20	540	18,9
		0,73	3,8	17	170,0	10,02	540	18,5
		0,61	4,0	18	138,8	8,68	540	16,1
		0,88	3,5	19	165,1	10,91	540	20,2
		0,77	3,5	15	180,3	9,66	540	17,9
		1,17	1,2	9	153,3	4,93	540	9,1
		0,63	4,1	14	186,0	9,30	540	17,2
		0,96	1,4	12	113,4	4,66	540	8,6
		0,66	2,5	13	130,8	5,84	540	10,8
		0,65	4,2	17	162,0	9,84	540	18,2

Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2008 (continuación).

	D	0,9	4,1	19	195,0	13,23	1060	12,5
		0,95	3,9	19	200,3	13,23	1060	12,5
		1,08	2,9	15	205,3	11,00	1060	10,4
		0,95	4,3	21	201,4	14,75	1060	13,9
		0,66	4,2	17	163,5	9,93	1060	9,4
		1,27	1,7	11	200,4	7,87	1060	7,4
		0,5	3,4	12	142,1	6,09	1060	5,7
		0,98	2,8	16	179,3	9,93	1060	9,4
		0,96	3,3	16	201,9	11,18	1060	10,5
		1,13	2,1	17	145,7	8,59	1060	8,1
	SE	0,88	2,3	15	140,0	7,25	0	
		0,73	3,8	17	168,5	9,93	0	
		0,84	2,7	15	150,3	8,05	0	
		0,54	3,6	15	134,8	6,98	0	
		0,97	3,7	20	179,0	12,78	0	
		0,73	2,0	12	124,3	5,11	0	
		0,73	2,1	10	163,6	5,55	0	
		1,01	3,3	21	161,2	11,80	0	
		0,51	2,9	14	105,7	5,28	0	
		0,82	3,2	15	173,6	9,30	0	
CCI	A	0,61	3,5	14	153,9	7,70	2120	3,6
		0,69	5,2	16	223,7	12,78	2120	6,0
		0,68	3,8	12	222,1	9,12	2120	4,3
		0,67	3,1	14	150,3	7,52	2120	3,5
		0,82	4,6	17	222,3	13,50	2120	6,4
		1,06	3,8	18	224,7	14,45	2120	6,8
		0,61	5,7	13	265,7	12,34	2120	5,8
		1,23	2,7	15	220,3	11,80	2120	5,6
		1,17	2,5	15	203,8	10,55	2120	5,0
		0,97	3,3	18	184,6	11,53	2120	5,4
	B	0,51	4,6	16	151,9	8,41	1590	5,3
		0,64	4,2	15	178,6	9,57	1590	6,0
		0,52	3,6	13	142,7	6,62	1590	4,2
		1,06	3,5	21	183,2	13,41	1590	8,4
		0,8	3,1	16	160,0	8,86	1590	5,6
		1,12	3,6	20	202,7	14,48	1590	9,1
		1,04	4,2	21	212,4	15,55	1590	9,8
		1,16	2,6	18	173,1	10,82	1590	6,8
		0,82	3,4	17	171,2	10,09	1590	6,3
		1,01	4,2	20	210,2	15,02	1590	9,4
	C	0,57	4,9	18	154,4	9,93	540	18,4
		0,87	2,9	11	232,2	9,12	540	16,9

Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPf, en 2008 (continuación).

		0,57	3,9	16	142,2	7,87	540	14,6
		0,48	3,8	12	150,4	6,45	540	11,9
		0,51	4,0	13	162,4	7,25	540	13,4
		0,55	5,0	20	137,7	9,84	540	18,2
		0,6	5,4	24	138,5	11,62	540	21,5
		0,76	4,9	18	205,8	13,23	540	24,5
		0,68	3,4	13	185,2	8,27	540	15,3
		0,58	4,4	13	196,5	9,12	540	16,9
D		0,71	4,7	18	191,7	11,98	1060	11,3
		0,67	5,4	18	201,4	12,95	1060	12,2
		0,74	3,6	15	177,0	9,48	1060	8,9
		1,03	3,8	19	212,4	14,03	1060	13,2
		0,67	6,5	20	223,3	15,55	1060	14,7
		0,54	3,6	16	121,5	6,95	1060	6,6
		0,78	3,5	17	165,7	9,77	1060	9,2
		0,59	5,1	19	159,5	10,82	1060	10,2
		0,93	2,8	19	136,6	9,27	1060	8,7
		0,98	3,0	14	218,9	10,55	1060	10,0
SE		0,65	4,2	16	176,1	9,75	0	
		0,59	4,5	18	150,3	9,39	0	
		0,65	3,0	13	154,4	6,89	0	
		0,68	4,2	16	185,8	10,28	0	
		0,68	2,5	15	119,3	6,18	0	
		0,25	3,4	10	90,0	3,05	0	
		0,64	2,4	12	127,9	5,48	0	
		0,76	3,1	13	181,1	8,41	0	
		0,5	4,4	17	133,6	7,87	0	
		0,5	4,0	11	182,2	7,16	0	
CCII	A	0,79	3,2	17	151,8	8,95	2120	4,2
		0,76	6,7	20	259,2	18,05	2120	8,5
		0,75	4,8	14	267,0	12,87	2120	6,1
		1,11	3,6	17	237,0	14,39	2120	6,8
		1,05	2,8	16	190,6	10,55	2120	5,0
		0,78	4,8	17	227,6	13,41	2120	6,3
		0,7	4,4	16	194,0	11,09	2120	5,2
		0,77	3,8	15	197,0	10,55	2120	5,0
		0,83	4,4	19	192,4	13,05	2120	6,2
		0,87	5,0	15	290,3	15,55	2120	7,3
	B	0,55	4,5	12	204,6	8,77	1590	5,5
		0,66	4,4	18	164,6	10,28	1590	6,5
		0,85	2,8	14	178,1	8,59	1590	5,4
		0,61	4,3	12	226,5	9,30	1590	5,9

Tabla A.12 – Peso de la leña de poda, IR, producción por hectárea, número de racimos por vid, peso por racimo y CWPF, en 2008 (continuación).

	0,6	4,0	14	180,0	8,68	1590	5,5
	0,62	3,8	14	174,4	8,41	1590	5,3
	0,67	5,1	21	166,1	12,16	1590	7,6
	0,76	5,5	20	213,1	14,84	1590	9,3
	0,93	4,2	15	260,3	13,95	1590	8,8
	0,66	3,7	15	167,6	8,68	1590	5,5
C	0,5	3,3	16	103,4	5,91	540	10,9
	0,61	3,1	12	165,6	6,80	540	12,6
	0,76	2,6	13	150,4	6,98	540	12,9
	0,52	3,2	12	140,0	6,00	540	11,1
	0,55	6,7	17	223,0	13,14	540	24,3
	0,78	2,5	10	205,8	6,98	540	12,9
	0,36	3,2	11	105,0	4,12	540	7,6
	0,31	4,7	14	103,9	5,20	540	9,6
	0,48	4,5	18	123,1	7,70	540	14,3
	0,45	6,3	18	156,4	10,05	540	18,6
D	0,7	3,7	17	153,8	9,34	1060	8,8
	0,93	2,1	17	120,0	7,07	1060	6,7
	0,73	5,8	16	262,8	15,02	1060	14,2
	1,31	2,3	15	201,0	10,77	1060	10,2
	0,82	5,4	22	202,5	15,91	1060	15,0
	0,6	5,5	15	218,3	11,70	1060	11,0
	0,51	5,6	16	179,0	10,23	1060	9,7
	0,68	4,3	19	159,7	10,55	1060	10,0
	0,65	4,3	20	139,7	9,98	1060	9,4
	0,8	4,2	21	163,2	11,95	1060	11,3
SE	0,55	3,6	14	147,0	7,09	0	
	1,06	2,6	18	159,1	9,95	0	
	0,54	4,1	16	142,2	7,87	0	
	0,46	3,7	15	116,2	6,02	0	
	0,68	3,3	16	145,5	8,05	0	
	0,51	4,8	17	148,8	8,77	0	
	0,32	8,7	16	173,4	9,91	0	
	0,62	3,9	16	156,8	8,68	0	
	0,56	2,8	15	107,2	5,55	0	
	0,66	2,8	11	168,6	6,62	0	

ANEXO VIII – DATOS DE CALIDAD DE PRODUCCIÓN – UVAS Y VINO

Tabla A.13 – Datos analíticos de las uvas a la cosecha, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Brix (°Bx)	pH	Ac. total (g de ácido tartárico/dm ³)	Índice de polifenoles totales (%)	Concentración de antocianos totales (mg/dm ³)	Concentración de taninos totales (mg/dm ³)
VEI	A	23,2	3,6	3,8	37,8	875	526,71
	B	20,7	3,6	3,2	32	646	303,28
	C	21,5	3,6	3,5	36,7	760	442,58
	D	22,5	3,6	3,4	40,2	901	301,97
VEII	A	22,9	3,5	3,8	37,5	827	392,86
	B	22,6	3,6	3,5	40,2	935	353,90
	C	21,1	3,6	3,4	38,7	798	279,03
	D	22,6	3,6	3,2	45,2	957	204,29
CCI	A	23,2	3,5	3,9	48	1134	476,99
	B	23	3,6	3,2	48,2	1083	402,39
	C	21,2	3,5	3,8	42,7	898	436,27
	D	21,8	3,5	3,9	44,4	948	257,58
CCII	A	23,3	3,5	3,8	49,3	1195	316,17
	B	21,1	3,6	3,6	33,7	732	332,51
	C	21,7	3,6	3,2	56,6	1112	433,24
	D	22,4	3,5	3,7	40,8	962	277,96

Tabla A.14 – Datos analíticos de las uvas a la cosecha, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Brix (°Bx)	pH	Ac. total (g de ácido tartárico/dm ³)	Índice de polifenoles totales (%)	Concentración de antocianos totales (mg/dm ³)
VEI	A	26,4	3,8	3,9	48,3	1102
	B	25,9	3,7	4,1	56,3	1225
	C	27,2	3,8	3,8	65,8	1297
	D	27,7	3,9	3,7	50	977
	SE	25,8	3,8	3,5	46,7	887
VEII	A	25,3	3,5	5	43,6	983
	B	24,8	3,5	5,3	49	1160
	C	25,7	3,6	3,8	55,9	1225
	D	27,3	3,6	4,1	55,8	1202
	SE	26,1	3,7	3,8	58,5	1200
CCI	A	26,6	3,7	4,1	51,8	1075
	B	25,8	3,7	4,4	50,6	1114
	C	26,5	3,7	3,8	65,6	1475
	D	27	3,8	4,1	49,7	1120
	SE	27,6	3,7	3,3	61,5	1232
CCII	A	24,9	3,7	4,5	41,1	812
	B	25,8	3,7	4,1	51,9	1146
	C	25,6	3,8	3,6	42,9	771
	D	25	3,8	4,4	31,5	709
	SE	24,7	3,8	3,5	49,3	1042

Tabla A.15 – Datos analíticos del vino, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Massa volúmica (g/cm ³)	Concentración de azúcares (g/dm ³)	Volumen de alcohol adquirido (%)	pH	Acidez total (g de ácido tartárico/dm ³)	Ac. volátil (g de ácido acético/dm ³)	SO2 livre (mg/dm ³)
VEI	A	0,992	1,0	12,8	3,6	5,6	0,49	51
	B	0,992	1,0	11,7	3,5	5,8	0,53	51
	C	0,992	1,0	12,2	3,5	5,9	0,52	67
	D	0,993	0,9	11,2	3,5	6,2	0,56	41
VEII	A	0,992	0,8	12,1	3,5	5,9	0,52	38
	B	0,992	0,9	11,9	3,5	6,2	0,59	44
	C	0,992	0,8	11,4	3,5	5,9	0,60	54
	D	0,992	1,0	12,3	3,6	5,7	0,41	43
CCI	A	0,993	0,9	11,8	3,4	6,2	0,38	38
	B	0,992	1,0	12,2	3,5	6,0	0,36	59
	C	0,993	1,1	11,7	3,5	6,2	0,40	41
	D	0,992	1,1	12,8	3,5	6,2	0,46	54
CCII	A	0,992	1,0	12,3	3,6	5,9	0,40	41
	B	0,993	0,7	11,2	3,6	5,9	0,41	52
	C	0,993	1,1	11,9	3,6	5,8	0,44	48
	D	0,992	1,0	13	3,8	5,3	0,46	59

Tabla A.16 – Datos analíticos del vino, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Massa volúmica (g/cm ³)	Concentración de azúcares (g/dm ³)	Volumen de alcohol adquirido (%)	pH	Acidez total (g de ácido tartárico/dm ³)	Ac. volátil (g de ácido acético/dm ³)	SO2 livre (mg/dm ³)
VEI	A	0,991	1,0	14,8	4,0	5,6	0,39	16
	B	0,991	0,9	14,8	4,0	6,1	0,42	36
	C	0,991	1,1	15,5	4,0	5,9	0,53	33
	D	0,992	0,9	14,5	4,0	5,5	0,33	29
	SE	0,991	0,9	14,3	4,0	5,5	0,40	26
VEII	A	0,991	0,9	14,6	4,0	5,5	0,32	23
	B	0,992	1,1	14,7	4,1	5,5	0,25	39
	C	0,992	0,9	15,1	4,0	5,2	0,28	36
	D	0,991	1,0	15,5	4,0	5,3	0,33	29
	SE	0,991	0,9	14,6	4,0	5,1	0,31	39
CCI	A	0,992	1,0	14,1	3,8	6,2	0,36	36
	B	0,991	1,0	15	3,9	6,3	0,42	33
	C	0,992	1,3	15	3,9	6,2	0,61	29
	D	0,991	1,1	15,4	3,9	6,0	0,48	26
	SE	0,991	1,8	15,7	3,9	6,1	0,60	23
CCII	A	0,992	1,0	13,9	4,0	5,5	0,28	36
	B	0,992	0,8	14	4,0	5,5	0,25	36
	C	0,991	1,0	15	4,0	5,3	0,34	29
	D	0,993	0,9	13,5	4,0	5,6	0,28	26
	SE	0,992	1,0	14,2	4,1	5,0	0,33	36

ANEXO IX – DATOS DE PARÁMETROS ECO-FISIOLÓGICOS

Tabla A.17 – Área foliar total, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Area Foliar Total (m ² /vid)		
		15-may-07	27-jun-07	10-ago-07
VEI	A	5,269	8,773	9,703
		5,388	9,673	11,329
		5,130	9,327	10,017
		5,420	8,097	6,484
		5,121	7,792	8,780
		4,237	4,869	6,995
	B	3,649	7,559	8,294
		4,807	7,668	6,634
		4,915	7,161	6,827
		3,468	6,893	7,676
		6,470	10,550	10,490
		4,963	7,945	6,446
	C	3,839	6,106	6,991
		4,236	6,678	6,300
		5,892	7,856	7,660
		2,607	4,739	5,693
		4,342	8,709	9,039
		3,455	6,222	4,553
	D	4,606	4,595	7,167
		3,998	6,725	7,128
		3,127	4,894	6,205
		3,012	6,811	4,600
		4,788	7,302	6,339
		3,717	7,752	6,468
VEII	A	3,458	5,224	5,075
		5,439	8,266	8,996
		6,984	8,169	6,446
		5,445	9,152	5,184
		3,683	7,246	7,370
		3,560	5,603	9,460
	B	4,434	8,080	8,060
		4,087	7,366	7,232
		4,832	7,750	5,013
		4,749	5,358	8,666
		2,867	5,287	6,783
		6,619	8,816	4,992
	C	2,219	3,540	4,171
		4,365	6,771	6,306
		3,818	5,114	6,556
		4,833	7,526	4,255
		2,741	5,205	8,102
		6,090	9,337	6,738
	D	5,134	6,047	5,897
		4,566	5,527	5,256

Tabla A.17 – Área foliar total, en 2007 (continuación).

		6,228	6,618	6,290
		4,071	8,369	8,070
		3,745	8,054	6,790
		6,389	9,328	8,513
CCI	A	4,421	7,259	
		5,232	7,903	
		3,877	6,761	
		5,170	9,938	
		3,250	8,663	
		5,374	9,112	
	B	3,006	5,218	
		4,092	5,639	
		3,911	5,729	
		5,792	8,713	
		2,399	4,397	
		3,757	6,096	
	C	4,369	7,648	
		5,118	8,018	
		3,177	6,020	
		3,791	5,286	
		5,584	10,099	
		5,124	9,101	
	D	4,681	8,615	
		3,978	5,432	
		4,077	4,793	
		4,142	6,439	
		4,115	8,840	
		3,311	5,193	
CCII	A	4,361	7,193	
		3,215	7,389	
		3,867	6,864	
		5,122	8,024	
		3,493	6,593	
		4,501	6,832	
	B	3,294	6,382	
		4,406	5,632	
		5,144	7,197	
		4,473	7,113	
		3,034	6,652	
		3,733	6,703	
	C	3,120	6,286	
		4,561	5,651	
		4,626	5,748	
		2,609	4,117	
		3,587	8,408	
		4,709	7,689	
	D	3,559	5,992	
		4,885	5,649	
		5,897	4,793	
		3,853	8,394	
		3,303	5,323	
		4,396	7,437	

Tabla A.18 – Área foliar total, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Area Foliar Total (m ² /vid)
		4-jun-08
VEI	A	4,22
		5,81
		4,06
	C	7,71
		3,81
		4,45
	SE	4,14
		7,83
VEII	A	6,22
		5,08
		3,18
	C	6,13
		3,67
		6,09
	SE	3,81
		4,06
CCI	A	4,98
		5,22
		7,22
	C	4,72
		5,28
		5,96
	SE	5,78
		4,25
CCII	A	4,50
		5,75
		2,80
	C	4,97
		5,47
		6,85
	SE	4,68
		7,47

Tabla A.19 – Potencial hídrico foliar de base, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Ψ_b (Mpa)							
		25-jun-07	5-jul-07	13-jul-07	25-jul-07	31-jul-07	7-ago-07	14-ago-07	22-ago-07
VEI	A	-0,20	-0,35	-0,20	-0,30	-0,40	-0,40	-0,30	-0,35
		-0,30	-0,30	-0,20	-0,40	-0,40	-0,45	-0,30	-0,40
	B	-0,25	-0,35	-0,30	-0,30	-0,40	-0,50	-0,25	-0,45
		-0,30	-0,40	-0,30	-0,30	-0,45	-0,50	-0,25	-0,40
	C	-0,25	-0,40	-0,30	-0,50	-0,55	-0,50	-0,40	-0,45
		-0,20	-0,30	-0,30	-0,45	-0,50	-0,60	-0,40	-0,50
	D	-0,30	-0,40	-0,30	-0,45	-0,40	-0,60	-0,40	-0,50
		-0,25	-0,45	-0,30	-0,40	-0,45	-0,60	-0,35	-0,50
	A	-0,25	-0,40	-0,25	-0,30	-0,35	-0,35	-0,25	-0,40
		-0,30	-0,40	-0,20	-0,25	-0,40	-0,35	-0,25	-0,35
VEII	B	-0,25	-0,40	-0,20	-0,35	-0,40	-0,30	-0,30	-0,40
		-0,25	-0,35	-0,25	-0,25	-0,40	-0,35	-0,25	-0,45
	C	-0,15	-0,35	-0,30	-0,45	-0,45	-0,40	-0,40	-0,40
		-0,30	-0,30	-0,30	-0,60	-0,50	-0,40	-0,40	-0,45
	D	-0,30	-0,40	-0,30	-0,35	-0,45	-0,45	-0,45	-0,45
		-0,20	-0,35	-0,35	-0,35	-0,50	-0,45	-0,45	-0,45
	A	-0,35	-0,30	-0,20	-0,25	-0,35	-0,35	-0,25	-0,40
		-0,20	-0,40	-0,20	-0,30	-0,30	-0,40	-0,20	-0,35
	B	-0,35	-0,35	-0,30	-0,35	-0,40	-0,35	-0,45	-0,40
		-0,25	-0,45	-0,30	-0,35	-0,40	-0,30	-0,40	-0,45
CCI	C	-0,30	-0,40	-0,30	-0,50	-0,60	-0,50	-0,40	-0,35
		-0,30	-0,45	-0,35	-0,45	-0,60	-0,45	-0,45	-0,45
	D	-0,30	-0,40	-0,30	-0,40	-0,40	-0,45	-0,40	-0,50
		-0,25	-0,40	-0,35	-0,35	-0,40	-0,40	-0,45	-0,45
	A	-0,25	-0,45	-0,20	-0,30	-0,25	-0,40	-0,25	-0,35
		-0,25	-0,30	-0,20	-0,30	-0,25	-0,35	-0,20	-0,35
	B	-0,20	-0,35	-0,30	-0,25	-0,45	-0,40	-0,35	-0,45
		-0,20	-0,40	-0,20	-0,30	-0,35	-0,35	-0,35	-0,45
	C	-0,25	-0,35	-0,35	-0,50	-0,55	-0,45	-0,40	-0,45
		-0,20	-0,50	-0,30	-0,45	-0,50	-0,45	-0,40	-0,50
CCII	D	-0,30	-0,40	-0,30	-0,35	-0,35	-0,55	-0,40	-0,50
		-0,20	-0,40	-0,30	-0,40	-0,40	-0,55	-0,40	-0,45

Tabla A.20 – Potencial hídrico foliar de base, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	Ψ_b (Mpa)							
		18-jun-08	1-jul-08	11-jul-08	24-jul-08	29-jul-08	7-ago-08	12-ago-08	19-ago-08
VEI	A	-0,35	-0,50	-0,30	-0,35	-0,38	-0,40	-0,35	-0,40
		-0,30	-0,41	-0,20	-0,20	-0,38	-0,44	-0,30	-0,42
	B	-0,30	-0,45	-0,35	-0,30	-0,46	-0,40	-0,35	-0,52
		-0,30	-0,36	-0,35	-0,38	-0,40	-0,40	-0,25	-0,57
	C	-0,35	-0,40	-0,30	-0,40	-0,46	-0,52	-0,50	-0,65
		-0,35	-0,34	-0,30	-0,45	-0,46	-0,54	-0,50	-0,55
	D	-0,30	-0,50	-0,30	-0,40	-0,42	-0,50	-0,55	-0,48
		-0,30	-0,40	-0,25	-0,42	-0,50	-0,49	-0,45	-0,55
	SE	-0,35	-0,50	-0,30	-0,50	-0,66	-0,60	-0,52	-0,72
		-0,35	-0,44	-0,30	-0,55	-0,74	-0,65	-0,65	-0,80
VEII	A	-0,27	-0,30	-0,20	-0,18	-0,24	-0,28	-0,45	-0,42
		-0,27	-0,34	-0,20	-0,10	-0,20	-0,30	-0,37	-0,40
	B	-0,25	-0,30	-0,20	-0,18	-0,25	-0,30	-0,35	-0,37
		-0,25	-0,34	-0,20	-0,12	-0,28	-0,30	-0,30	-0,35
	C	-0,30	-0,33	-0,30	-0,35	-0,58	-0,37	-0,47	-0,42
		-0,20	-0,35	-0,32	-0,36	-0,54	-0,42	-0,47	-0,53
	D	-0,30	-0,40	-0,20	-0,30	-0,34	-0,46	-0,40	-0,47
		-0,30	-0,40	-0,22	-0,25	-0,42	-0,43	-0,40	-0,40
	SE	-0,25	-0,35	-0,45	-0,45	-0,46	-0,62	-0,72	-0,65
		-0,25	-0,36	-0,40	-0,46	-0,42	-0,55	-0,75	-0,70
CCI	A	-0,45	-0,60	-0,30	-0,25	-0,40	-0,44	-0,45	-0,45
		-0,35	-0,58	-0,30	-0,32	-0,45	-0,44	-0,42	-0,40
	B	-0,35	-0,56	-0,20	-0,18	-0,42	-0,38	-0,42	-0,55
		-0,35	-0,54	-0,20	-0,20	-0,40	-0,40	-0,45	-0,50
	C	-0,30	-0,52	-0,35	-0,30	-0,60	-0,62	-0,57	-0,52
		-0,35	-0,46	-0,35	-0,50	-0,40	-0,64	-0,60	-0,65
	D	-0,33	-0,52	-0,20	-0,35	-0,40	-0,64	-0,50	-0,55
		-0,35	-0,48	-0,20	-0,30	-0,45	-0,65	-0,50	-0,52
	SE	-0,33	-0,56	-0,55	-0,55	-0,50	-0,58	-0,55	-0,62
		-0,35	-0,55	-0,55	-0,60	-0,50	-0,62	-0,62	-0,75
CCII	A	-0,30	-0,30	-0,25	-0,18	-0,22	-0,27	-0,30	-0,30
		-0,30	-0,34	-0,20	-0,18	-0,24	-0,22	-0,25	-0,40
	B	-0,25	-0,33	-0,25	-0,20	-0,30	-0,30	-0,32	-0,35
		-0,27	-0,38	-0,30	-0,26	-0,34	-0,29	-0,28	-0,35
	C	-0,27	-0,40	-0,35	-0,30	-0,58	-0,50	-0,45	-0,45
		-0,30	-0,46	-0,35	-0,40	-0,56	-0,53	-0,50	-0,50
	D	-0,33	-0,36	-0,35	-0,20	-0,42	-0,40	-0,37	-0,35
		-0,35	-0,44	-0,35	-0,30	-0,40	-0,34	-0,42	-0,30
	SE	-0,33	-0,36	-0,55	-0,55	-0,62	-0,58	-0,65	-0,70
		-0,35	-0,38	-0,50	-0,52	-0,64	-0,55	-0,60	-0,65

Tabla A.21 – Cambios gaseosos en las hojas, en 2007.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	A ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)			gs ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)			E ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		
		3-ago	9-ago	22-ago	3-ago	9-ago	22-ago	3-ago	9-ago	22-ago
VEI	A	15,6	15,8	13,3	0,3310	0,2180	0,0324	8,6000	4,8400	0,8570
		17,4	17,8	13,7	0,3580	0,2570	0,0510	9,2500	5,5200	1,3000
		17,8	16,7	13,9	0,3540	0,2400	0,0609	8,7200	5,4300	1,5300
	B	11,5	18,6	11	0,2360	0,2310	0,0056	6,0800	4,4800	0,1460
		16,1	14,4	15,9	0,3320	0,1710	0,0754	7,8700	3,7600	1,7600
		15	15,7	11,9	0,3150	0,1700	0,0231	7,9500	3,8400	0,6000
	C	6	18,8	9,54	0,0753	0,2500	0,0068	2,9300	5,6100	0,1940
		13,3	14,9	6,77	0,2360	0,2130	0,0183	7,1600	5,1600	0,5790
		8,63	14,4	6,54	0,1280	0,1590	0,0277	4,6000	4,3400	0,9280
	D	15,7	19,6	13,2	0,2270	0,2300	0,0099	4,8400	4,2900	0,2460
		13,5	19,8	10,4	0,2550	0,2340	0,0116	5,2600	4,3400	0,3030
		14,5	16,2	14,6	0,2580	0,2450	0,0283	5,6400	4,4800	0,6860
VEII	A	17	16,5	16	0,3840	0,2680	0,1040	9,5300	6,4200	2,6200
		13	18,6	16,8	0,2790	0,3330	0,0882	7,8300	7,3000	2,3300
		13,5	15,6	14,2	0,2730	0,2350	0,0493	7,9600	5,8100	1,4100
	B	10,7	15,7	9,48	0,2540	0,1900	0,0004	7,7200	4,8800	0,0137
		15,8	16,4	11,8	0,3000	0,2110	0,0326	8,6900	5,2700	1,0100
		14,1	15,1	13,1	0,2260	0,2160	0,0440	7,2500	5,2300	1,3600
	C	6,84	13,3	7,21	0,0914	0,1330	0,0097	3,7400	3,7300	0,3470
		13,7	17	6,02	0,2150	0,2430	0,0209	7,1900	5,7000	0,7770
		6,08	18,1	5,22	0,0661	0,2340	0,0279	3,0100	5,5700	1,0100
	D	13,8	16,5	10,2	0,2660	0,2580	0,0001	8,9800	5,8500	0,0043
		14,9	17,6	11,6	0,2280	0,2170	0,0546	8,0000	5,1500	1,7000
		14,3	12,8	11,6	0,2340	0,1750	0,0233	8,0500	4,4100	0,7670

Tabla A.22 – Cambios gaseosos en las hojas, en 2008.

Tipo de cobertura x suelo	Modalidad	A ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)				gs ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)				E ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)			
		10-jul	29-jul	7-ago	19-ago	10-jul	29-jul	7-ago	19-ago	10-jul	29-jul	7-ago	19-ago
VEI	A	19,5	13,7	14,0	12,2	0,1610	0,1050	0,2750	0,1720	3,3700	1,8500	3,2700	2,5000
		16,3	15,1	15,0	13,7	0,1400	0,1170	0,3770	0,1640	3,3000	2,1600	4,1300	2,4100
	D	16,0	16,1	11,2	11,0	0,1160	0,1530	0,1800	0,1400	2,9700	3,0500	2,7900	2,2100
		16,1	14,3	13,9	13,0	0,1130	0,1160	0,2400	0,1850	2,9600	2,5400	3,4100	2,6400
	SE	9,9	11,9	12,3	8,4	0,0638	0,0907	0,1130	0,0537	1,9100	2,1600	2,1300	1,0100
		15,4	14,2	11,6	6,4	0,1210	0,0762	0,1450	0,0226	3,3900	1,9200	2,8000	1,4000
VEII	A	17,1	17,5	17,0	11,2	0,1580	0,1710	0,2470	0,2170	4,7600	4,3000	4,5700	3,4400
		17,6	16,7	16,6	16,0	0,1610	0,1560	0,2650	0,2090	4,8700	4,1200	4,8200	3,4600
	D	17,5	16,0	14,0	10,6	0,1730	0,1540	0,2160	0,0994	5,0300	3,8500	4,0600	1,8300
		18,2	13,9	14,0	11,8	0,1770	0,1110	0,1730	0,1800	5,2200	2,9900	3,5700	3,0900
	SE	14,0	11,2	11,5	7,0	0,0969	0,0652	0,1180	0,0271	2,9400	1,7600	2,5900	1,5000
		14,4	14,2	12,5	8,5	0,1060	0,1180	0,1820	0,0695	3,2900	3,0100	3,6600	1,3700
CCI	A	15,3	14,3	14,5	13,7	0,1430	0,1440	0,2560	0,2190	4,6800	4,0700	4,8000	3,8700
		15,7	15,2	15,6	13,5	0,1570	0,1500	0,2880	0,2030	5,0400	4,2800	5,1600	3,7900
	D	11,9	14,4	14,0	9,0	0,0820	0,1310	0,1540	0,0965	3,0400	3,8100	3,3800	2,0200
		12,5	12,5	12,1	8,3	0,1010	0,1130	0,1520	0,0489	3,5600	3,3500	3,3200	1,1300
	SE	13,3	11,6	13,5	10,7	0,1040	0,1010	0,1910	0,2510	3,6400	3,0300	3,7400	3,5000
		12,7	9,6	10,4	10,0	0,1010	0,0617	0,1120	0,0717	3,5700	2,0300	2,5800	1,6200
CCII	A	14,4	17,2	16,4	12,4	0,1230	0,1570	0,3380	0,1640	3,9800	4,2300	5,8400	2,9300
		16,9	16,5	14,5	17,0	0,1550	0,1590	0,2370	0,1970	4,9100	4,2400	4,7600	3,3500
	D	16,0	15,9	14,4	14,7	0,1530	0,1440	0,2210	0,2630	4,8900	3,9700	4,4100	4,3100
		15,1	17,3	17,6	15,2	0,1660	0,1680	0,2640	0,1940	5,3600	4,6000	4,8600	3,4600
	SE	13,6	15,0	11,8	8,9	0,1390	0,1440	0,1490	0,0508	4,6600	4,0800	3,2500	1,1700
		10,4	11,2	12,2	10,2	0,0734	0,0773	0,1300	0,0660	2,7200	2,5200	2,9600	1,5400

ANEXO X – SONDAS DE NEUTRONES

Anexo X.1 – Curvas de calibración de las sondas de neutrones

Tabla A.23. – Curvas de calibración de las cuatro sondas de neutrones utilizadas en la monitorización del contenido en humedad del suelo.

Sonda	Curva de calibración
1	$\% \theta_V = -0,6254 + 72,132 \cdot \frac{C}{1538,8}$
2	$\% \theta_V = -0,6254 + 72,132 \cdot \left(0,0438 + 0,9193 \cdot \frac{C}{1591} \right)$
3	$\% \theta_V = -0,6254 + 72,132 \cdot \left(0,0442 + 0,8769 \cdot \frac{C}{1564,2} \right)$
4	$\% \theta_V = -0,6254 + 72,132 \cdot \left(0,0442 + 0,8769 \cdot \frac{C}{1622,8} \right)$

Anexo X.2 – Distribución, localización y profundidad de los tubos de acceso a las sondas de neutrones

Tabla A.24 – Número de tubos de acceso para la sonda de neutrones, su localización (L –línea; EL – entrelínea), referencia y profundidad.

Parcela	Modalidad	Localización	Nº de tubos	Referencia y profundidad (m) de los tubos
VEI	A	L	2	T02 (2,20); T16 (2,80)
		EL	1	T15 (2,80)
	B	L	2	T05 (2,20); T14 (2,60)
		EL	1	T13 (2,80)
	C	L	2	T03 (2,00); T18 (2,60)
		EL	1	T17 (2,80)
	D	L	2	T12 (1,80); T26 (2,00)
		EL		
	SE	L	4	T01* (2,40); T04* (2,40); T59 (2,60); T60 (2,60)
		EL		
VEII	A	L	2	T08 (2,20); T20 (2,60)
		EL	1	T19 (2,60)
	B	L	2	T09 (2,20); T22 (2,60)
		EL	1	T21 (2,40)
	C	L	2	T06 (2,00); T24 (1,80)
		EL	1	T23 (2,60)
	D	L	2	T11 (1,60); T25 (2,00)
		EL		
	SE	L	3	T07* (2,20); T10* (2,20); T57 (2,60)
		EL	1	T58 (2,60)
CCI	A	L	4	T27* (1,60); T28 (2,60); T45* (1,60); T46 (2,60)
		EL		
	B	L	4	T31 (2,60); T32* (1,60); T43* (1,60); T44 (2,60)
		EL		
	C	L	4	T29* (1,60); T30 (2,60); T47 (2,60); T48* (1,80)
		EL		
	D	L	2	T41 (1,80); T56 (1,60)
		EL		
	SE	L	2	T42* (2,40); T63 (2,60)
		EL	1	T64 (2,60)
CCII	A	L	4	T35* (1,60); T36 (2,60); T49* (1,60); T50 (2,60)
		EL		
	B	L	3	T38 (2,60); T51* (1,80); T52 (2,60)
		EL		
	C	L	4	T33* (1,60); T34 (2,60); T53* (1,60); T54 (2,60)
		EL		
	D	L	2	T40 (1,60); T55 (1,60)
		EL		
	SE	L	1	T39* (2,20)
		EL	2	T61 (2,60); T62 (2,60)

* Tubos que no fueron utilizados en 2008.

A verde – tubos instalados en 2008.

ANEXO XI – DATOS DE CONTENIDO VOLUMÉTRICO EN HUMEDAD DEL SUELO

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007.

Profundidad (cm)		Fecha														
VEI A		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20		32,6	36,2	36,6	31,2	30,7	25,6	27,5	25,4	36,0	27,8	28,6	28,0	30,2	23,9	24,8
40		32,0	32,3	33,1	29,8	27,8	25,0	24,2	22,9	33,7	25,6	26,4	25,4	27,1	22,2	22,3
60		34,1	31,2	32,1	28,6	27,1	24,4	23,1	21,7	34,1	25,3	25,2	24,6	26,5	22,6	22,2
80		38,7	35,8	35,7	33,3	31,2	30,6	27,5	26,7	33,5	30,5	30,5	27,6	30,8	25,8	25,1
100		38,1	34,7	35,4	32,9	31,0	30,4	27,1	26,0	30,2	27,9	27,6	28,7	28,2	25,2	24,2
120		37,2	35,2	35,2	33,4	33,3	32,5	29,4	27,4	31,3	28,7	28,9	28,8	27,5	26,0	25,7
140		37,5	36,6	35,7	34,5	33,2	32,9	33,4	28,2	30,4	27,8	28,7	28,2	28,6	27,3	26,7
160		39,0	35,8	35,2	34,0	35,1	33,8	31,7	29,6	29,8	29,3	29,5	28,3	28,4	28,8	28,3
180		39,0	38,0	36,9	35,7	37,4	36,8	34,6	32,3	32,8	31,8	31,5	30,3	31,3	31,1	30,7
200		35,5	37,6	37,1	36,9	37,0	36,5	35,3	33,4	33,4	32,9	33,5	32,9	32,6	32,0	33,2
220		35,4	37,0	36,1	34,2	36,9	35,9	34,6	34,2	33,5	32,9	32,3	33,0	32,3	33,6	33,5
240			35,0	36,4	35,7	36,1	36,7	37,2	36,9	35,5	34,9	34,5	35,7	35,1	35,4	35,7
260			37,0	37,4	35,9	36,4	36,6	36,6	36,5	37,3	37,3	36,8	36,7	36,8	36,4	36,9
280			36,4	36,1	35,5	35,4	36,2	36,6	35,5	37,3	37,4	36,8	36,7	36,8	36,6	36,5
VEI A Entrelínea		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20		38,7	37,9	42,4	36,0	32,1	29,8	25,0	22,7	20,1	16,8	17,3	17,7	17,3	18,5	19,9
40		32,7	31,3	35,4	30,8	28,1	27,8	23,0	21,8	20,4	20,2	20,4	19,5	19,4	19,2	20,0
60		33,0	31,7	35,5	31,7	28,9	28,2	25,0	23,3	22,3	21,2	21,8	22,0	21,5	21,0	20,7
80		30,8	29,9	33,4	30,4	28,0	28,4	24,0	23,5	21,8	21,7	21,0	21,3	21,5	21,0	21,4
100		31,5	31,1	33,6	31,4	28,0	28,8	25,2	23,9	22,8	21,5	22,6	20,9	21,7	21,4	21,5
120		33,7	32,4	35,4	32,4	29,8	29,4	25,5	24,8	24,5	24,2	23,9	24,2	23,4	22,9	23,6
140		36,5	34,5	36,9	35,3	32,7	31,1	28,5	26,9	26,7	26,4	23,0	26,6	25,1	26,4	26,5
160		38,9	36,8	39,2	38,3	36,4	35,8	32,8	30,4	30,8	30,3	26,1	29,7	29,3	29,5	29,1
180		39,6	37,2	40,0	39,2	37,8	36,8	34,5	34,3	33,7	32,7	30,1	33,2	32,4	30,9	30,7
200		38,3	36,9	39,3	38,3	37,3	38,4	36,1	34,9	36,3	34,6	32,6	34,9	34,0	32,6	34,0
220		37,1	35,8	37,5	39,2	38,2	39,5	38,2	38,4	38,0	36,8	34,0	36,9	37,2	36,3	37,1
240		35,3	33,4	37,9	35,1	35,3	37,0	35,6	36,3	35,7	34,3	37,8	35,8	35,2	35,6	35,3
260		38,1	35,1	38,7	37,5	37,5	38,0	37,1	37,8	37,6	36,7	35,8	37,5	36,6	36,3	37,3
280		37,5	35,5	38,7	37,3	37,2	37,3	37,0	37,2	36,7	36,3	38,2	37,6	37,3	36,6	36,8
VEI B		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20			37,5	36,5	34,0	33,9	31,2	29,9	28,1	32,5	29,4	29,8	29,5	31,8	29,2	29,0
40			34,6	36,6	33,5	32,3	30,4	29,5	27,4	31,0	29,8	29,5	29,2	32,0	28,3	28,2
60			34,8	37,1	35,0	33,6	32,2	30,5	29,0	31,8	32,0	32,4	32,1	33,5	30,6	30,0
80			37,5	38,9	37,6	37,1	35,9	33,2	32,5	33,7	33,1	33,1	33,7	35,2	34,0	33,5
100			37,9	40,2	37,6	39,2	36,6	33,4	31,6	34,6	33,0	32,3	31,9	33,3	31,2	30,8
120			38,4	39,2	39,1	39,4	37,8	35,4	33,0	35,5	34,0	33,9	34,2	33,6	33,0	32,8
140			39,8	41,0	40,8	42,0	38,9	36,6	35,4	34,5	36,0	36,0	35,4	35,4	34,9	35,4

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

160		39,2	40,7	40,4	41,3	39,5	36,4	36,0	35,5	35,3	35,9	34,6	36,0	34,9	34,7
180		40,5	41,4	41,6	41,7	41,2	38,7	37,6	37,2	37,9	37,4	37,3	38,4	37,4	36,9
200		38,6	40,7	39,6	40,4	38,5	36,7	36,2	35,9	35,2	35,2	34,8	35,1	34,2	34,3
220		36,8	39,6	38,5	39,3	39,9	36,8	36,0	35,8	35,9	35,8	35,3	35,6	35,8	35,4
240		33,3	35,9	34,5	36,0	37,0	35,8	35,8	35,8	35,0	34,3	35,1	35,7	34,8	34,3
260		34,2	37,2	35,7	36,0	37,0	35,9	35,8	35,9	34,8	35,6	34,7	35,0	35,1	35,6
280															
VEI B Entrelínea															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	39,7	41,8	41,5	36,9	33,2	31,0	30,6	28,2	22,6	18,7	20,6	21,2	21,1	21,1	20,1
40	38,8	39,3	40,6	36,2	33,2	32,1	32,1	26,6	26,9	27,2	26,4	26,7	26,0	25,2	25,1
60	37,1	36,9	38,9	35,7	32,4	32,7	32,0	28,2	26,6	26,0	26,3	26,6	26,2	25,6	26,0
80	36,9	37,0	39,1	37,1	35,6	31,8	30,9	31,7	27,9	28,2	28,1	27,4	27,0	27,7	27,2
100	38,6	39,8	40,6	38,3	37,7	34,3	29,5	32,1	30,4	30,0	29,6	28,5	29,3	29,0	28,1
120	40,4	40,7	40,6	40,5	38,6	37,1	28,2	31,6	31,9	30,1	30,8	31,6	29,7	30,5	29,8
140	39,9	40,1	41,8	39,1	36,2	37,8	29,7	36,2	30,9	29,1	27,8	28,0	27,1	27,0	27,2
160	38,8	39,1	39,7	38,8	38,4	35,6	33,6	41,7	35,7	34,7	35,6	35,8	35,6	36,1	35,3
180	45,6	45,9	46,5	44,4	44,8	38,8	32,5	39,6	41,9	40,6	40,0	39,7	38,7	38,7	38,9
200	43,8	44,0	44,8	43,1	44,0	44,3	38,0	38,3	39,5	39,0	37,7	38,5	37,9	38,0	37,4
220	38,0	39,2	42,3	40,4	39,5	42,5	35,7	32,9	38,0	35,7	35,2	36,0	36,3	36,5	35,4
240	33,1	33,5	35,0	33,4	33,5	40,1	32,2	35,4	33,5	33,5	34,0	34,1	33,0	33,7	34,0
260	35,1	34,8	35,7	35,2	35,7	35,8	33,7	35,7	40,9	35,4	35,9	35,0	35,6	35,8	35,0
280	35,8	36,8	37,4	37,0	36,7	37,1	34,8	35,9	37,2	36,4	36,7	37,6	36,5	36,8	36,9
VEI C															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	40,4	36,5	37,7	32,4	32,3	29,6	28,1	26,0	27,4	25,6	26,2	25,9	26,3	25,4	29,4
40	38,8	32,6	34,9	30,8	29,9	27,7	25,9	24,7	26,1	24,2	25,3	24,5	24,6	23,8	27,2
60	35,9	32,9	35,3	31,7	29,9	27,4	25,5	24,1	24,2	23,6	22,9	23,1	22,6	22,8	24,0
80	37,4	35,3	36,3	34,7	34,0	31,2	28,8	26,9	25,2	25,7	25,7	24,2	25,6	25,3	26,4
100	35,8	37,2	37,5	37,0	35,3	33,1	29,9	28,6	28,1	26,9	26,8	25,5	26,4	25,8	27,8
120	36,6	35,0	35,9	34,7	34,9	32,1	30,6	29,1	28,1	27,3	27,0	27,0	26,9	26,8	29,3
140	30,9	35,5	36,4	35,2	35,8	33,4	31,9	30,5	29,1	28,4	28,8	27,0	28,0	27,8	29,8
160	40,0	35,8	35,8	35,2	34,7	33,7	31,9	30,8	29,8	28,5	28,9	28,0	27,5	27,5	31,9
180	33,1	34,5	35,9	34,0	34,5	32,5	30,3	28,5	28,6	27,8	27,4	29,4	26,3	26,2	28,6
200	33,4	35,8	36,1	35,7	36,6	35,1	34,0	31,9	32,1	31,0	31,3	28,0	30,3	30,5	33,5
220		41,1	42,8	40,2	40,6	40,6	37,7	37,2	36,0	36,3	35,4	34,5	34,3	33,9	33,1
240		39,1	40,3	38,6	38,4	39,1	37,6	35,9	35,7	35,2	34,3	34,2	33,5	33,5	33,7
260		38,5	39,1	39,5	38,5	39,4	38,3	37,9	37,9	36,8	37,2	34,8	35,6	35,8	35,5
280		40,3	39,1	39,4	39,0	41,3	38,3	38,1	37,9	36,8	36,8	36,4	36,3	35,8	35,5
VEI C Entrelínea															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	39,3	37,9	42,0	37,4	34,5	32,3	29,6	25,0	22,5	21,9	20,3	21,0	20,4	18,8	18,2
40	38,0	35,9	40,2	37,0	35,2	33,4	29,8	27,6	28,6	25,7	26,3	26,3	25,4	25,2	24,1
60	38,3	36,1	40,1	37,8	35,9	36,3	33,1	30,4	29,3	28,5	28,6	28,6	27,9	27,5	26,6
80	37,2	35,4	39,0	36,3	34,5	34,1	30,4	28,3	28,0	26,0	25,4	26,8	25,1	24,7	24,7
100	39,0	36,1	38,2	38,0	35,7	34,8	31,2	30,1	28,6	27,8	28,4	27,0	26,8	26,1	26,5
120	39,6	37,5	40,7	38,7	36,4	36,6	33,4	30,4	30,0	28,6	29,2	28,8	27,2	27,8	28,3

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

140	40,5	37,9	41,0	39,4	37,9	36,7	33,4	31,3	32,3	30,2	30,2	29,5	29,1	28,7	29,3
160	40,1	37,1	40,1	39,5	37,5	37,8	34,1	32,7	32,7	30,7	30,3	30,0	29,3	29,0	28,9
180	41,4	38,3	41,0	40,3	39,0	38,1	37,6	35,7	36,1	33,9	32,6	32,9	32,1	33,0	31,7
200	39,7	37,7	40,5	40,1	37,9	39,6	36,9	35,2	35,0	33,4	31,5	31,7	31,8	31,3	31,5
220	37,0	35,0	37,9	37,5	35,7	37,3	35,7	34,2	34,2	33,5	32,8	32,9	31,7	32,1	32,7
240	34,3	32,9	35,3	34,5	34,3	34,8	33,5	32,3	33,3	32,2	32,6	32,0	32,2	31,6	33,1
260	32,4	33,2	36,1	34,9	34,7	36,3	34,1	33,8	34,4	33,5	34,5	34,1	33,3	32,8	33,2
280	33,0	33,1	36,6	36,0	36,9	38,8	37,4	37,2	36,6	35,9	35,8	35,8	35,7	35,6	35,3
VEI D															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	34,0	38,6	38,3	31,0	32,4	30,1	28,8	27,2	29,4	28,1	29,2	28,5	29,6	28,3	
40	32,6	35,6	36,9	31,6	32,3	32,3	28,2	27,2	28,7	27,0	27,8	26,7	28,3	26,9	
60	30,7	33,6	34,9	30,5	30,7	31,4	26,7	24,4	26,9	25,7	25,9	25,0	25,6	24,2	
80	33,1	35,3	37,3	32,4	33,2	33,7	28,7	27,6	27,8	27,7	27,9	27,4	26,7	25,7	
100	32,0	34,8	35,0	31,9	32,7	32,5	28,0	25,5	26,1	25,4	26,0	25,2	24,0	22,6	
120	32,0	34,4	34,5	31,8	32,3	32,8	28,1	26,3	25,3	24,4	24,4	24,5	23,9	22,5	
140	33,3	36,0	35,6	32,6	34,0	34,8	30,1	26,8	26,4	25,4	25,4	24,9	24,2	23,5	
160	33,2	36,0	35,6	32,6	33,8	33,4	33,1	26,7	27,1	25,4	25,6	25,6	24,6	25,3	
180	34,4	36,9	36,6	33,8	35,8	33,5	33,9	29,3	29,3	28,1	27,6	27,3	27,1	27,1	
200	38,6	40,9	40,8	37,4	41,6	38,8	36,0	36,0	35,5	33,7	33,5	34,1	35,9	35,9	
220															
240															
260															
280															
VEI SE															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	34,1	35,9	36,8	32,1	32,5	28,6	27,9	26,8	26,9	25,4	26,2	27,2	24,9	24,5	24,6
40	34,8	34,5	37,3	33,5	32,6	29,8	27,9	26,5	26,2	25,9	26,1	25,6	25,5	25,1	25,8
60	34,3	35,1	37,1	34,7	34,4	30,7	28,8	27,8	27,0	26,6	26,0	25,9	25,9	26,2	25,9
80	37,2	37,7	39,8	35,9	37,9	33,7	31,5	30,5	29,4	28,1	28,6	28,0	27,8	28,0	27,8
100	37,2	37,3	39,2	37,5	36,7	33,3	31,3	29,8	29,6	28,6	28,7	28,6	28,0	27,2	27,9
120	35,5	35,2	37,2	37,2	34,2	32,1	29,7	27,8	28,4	27,2	28,0	26,3	26,6	26,7	26,0
140	29,7	33,2	34,8	36,0	33,8	30,8	28,9	27,7	27,2	27,1	25,2	26,3	26,5	26,0	26,2
160	33,8	37,0	37,6	33,9	37,3	34,9	33,0	32,0	31,6	30,6	28,2	30,8	30,8	29,7	30,0
180	36,8	38,3	39,5	36,8	39,1	37,2	34,7	34,1	31,6	32,9	31,0	32,2	32,1	31,7	31,5
200	35,1	36,4	37,8	38,4	37,6	36,2	33,9	33,0	32,7	32,4	32,5	31,2	31,6	31,1	31,1
220	34,9	35,9	36,9	37,8	37,4	35,7	33,9	34,2	33,2	33,0	32,3	32,3	32,6	32,0	31,9
240	35,6	37,0	38,4	36,6	38,6	38,4	35,8	35,4	34,6	34,2	33,1	34,1	34,2	33,5	33,9
260															
280															
VEII A															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	27,0	39,8	41,8	35,9	35,4	32,7	31,0	27,7	40,7	33,8	33,4	32,7	34,2	31,2	27,9
40	35,7	35,2	37,9	33,6	33,1	31,1	28,3	27,3	37,5	32,0	31,3	30,6	30,9	28,0	26,3
60	32,9	32,2	34,9	31,4	31,0	29,0	26,5	25,9	35,8	29,7	29,5	28,7	30,6	26,8	25,7
80	35,6	33,9	35,2	33,8	32,3	30,8	28,5	26,9	32,4	30,8	30,7	30,6	32,2	28,5	25,5
100	39,0	36,2	38,6	36,1	35,1	33,3	30,9	29,5	30,2	32,0	31,0	31,4	29,8	30,8	27,6

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

120	38,8	35,2	36,3	34,0	34,2	32,3	29,5	27,9	29,2	28,6	28,3	28,0	27,8	27,6	26,9
140	39,6	35,5	36,9	35,4	35,1	34,0	31,3	28,9	31,0	30,3	29,5	29,4	31,2	28,4	27,8
160	36,5	35,8	36,7	36,0	35,9	34,9	32,6	31,6	30,7	31,7	30,7	30,7	31,2	30,2	29,8
180	37,1	35,9	38,9	36,1	35,8	35,4	33,7	31,7	32,7	32,8	31,8	31,4	31,0	31,0	31,8
200	37,9	36,0	37,6	35,7	36,6	36,4	33,1	32,2	34,1	31,8	32,1	31,6	32,0	31,0	31,8
220	37,4	35,4	35,8	35,1	35,3	35,4	33,5	33,2	32,4	32,9	32,5	31,7	32,1	31,5	32,6
240	36,3	34,2	35,2	35,7	35,6	36,5	35,1	35,0	32,4	33,7	34,4	34,2	34,3	33,5	35,9
260	36,0	34,0	36,1	36,8	36,1	36,9	34,9	35,4	35,5	35,2	35,7	34,0	33,0	33,7	34,4
280															
VEII A Entrelínea															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	41,1	41,8	42,0	35,0	32,0	28,4	26,1	22,6	24,0	22,2	20,1	23,0	22,7	20,8	19,9
40	36,0	35,8	36,5	33,6	30,5	29,4	26,1	25,3	25,2	23,5	23,9	23,6	23,7	23,7	23,5
60	34,0	33,4	33,7	32,6	29,9	29,5	24,9	24,2	23,8	23,6	24,3	23,2	24,3	23,1	24,5
80	32,2	31,2	31,2	30,0	28,1	27,3	24,1	28,0	22,2	21,8	21,5	21,6	22,1	21,4	22,1
100	34,1	34,9	33,3	34,4	32,9	32,0	29,7	29,0	26,2	25,1	25,5	25,2	24,7	20,5	23,6
120	39,3	39,7	37,1	38,7	37,4	36,7	33,1	32,7	29,0	27,6	28,2	27,5	28,1	27,5	27,3
140	38,9	37,6	37,2	38,1	37,2	36,0	34,2	33,4	30,4	28,6	27,8	28,1	28,6	28,7	27,0
160	39,4	38,7	35,5	38,9	37,2	36,7	34,6	32,6	33,1	31,4	28,3	30,8	30,5	30,2	29,0
180	39,0	38,0	36,3	38,4	37,2	38,3	36,6	35,5	35,0	34,8	31,2	34,4	34,1	33,6	33,8
200	38,8	39,3	37,2	39,2	39,1	39,1	38,9	34,6	36,6	36,2	34,1	35,9	36,5	35,0	34,3
220	40,0	40,0	38,6	40,5	39,4	40,6	39,5	35,1	37,8	38,4	35,0	37,6	37,2	36,6	36,2
240	40,6	41,3	38,1	40,3	40,5	41,0	40,3	36,9	39,8	39,2	38,7	38,1	38,3	38,3	38,2
260	38,3	37,7	35,2	38,4	36,5	38,6	37,6	37,4	36,3	36,1	36,1	36,5	34,4	35,2	34,7
280															
VEII B															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	38,3	37,5	41,8	34,5	35,9	30,0	30,7	27,9	36,9	32,7	33,0	32,6	34,1	31,1	27,0
40	35,9	33,4	37,4	32,3	32,8	30,0	28,5	27,5	35,4	31,2	29,7	30,0	31,4	28,2	26,7
60	35,8	33,3	36,7	32,6	33,5	30,6	29,2	27,5	34,6	30,5	28,8	29,4	30,5	27,9	26,5
80	39,6	34,3	37,8	35,7	35,5	32,8	29,5	29,1	32,4	30,7	29,7	29,5	30,0	28,6	26,8
100	38,2	34,1	36,6	34,5	35,2	32,7	30,1	28,3	29,1	27,3	27,8	27,2	26,3	26,2	24,7
120	36,6	33,5	36,2	34,0	34,9	32,6	33,9	29,1	29,6	26,8	26,8	26,6	25,8	25,9	25,3
140	37,2	34,5	36,0	34,8	36,0	33,8	31,2	29,7	29,1	27,3	27,6	27,2	26,4	27,1	26,7
160	39,3	35,4	37,8	36,3	36,6	34,8	33,7	30,3	31,7	29,0	29,0	28,8	28,2	28,1	27,1
180	39,0	35,0	38,1	36,2	36,8	35,7	32,2	32,7	31,4	29,6	28,6	29,1	28,0	28,2	28,3
200	35,9	34,4	35,9	35,2	36,5	35,0	31,9	31,9	32,3	31,2	31,4	29,9	29,4	29,6	29,6
220	34,5	33,8	35,2	34,5	36,0	35,1	32,6	31,8	32,4	32,0	32,0	31,2	30,5	31,1	31,6
240	34,7	33,4	34,6	34,7	36,2	35,5	33,7	33,6	34,3	33,0	32,7	32,3	32,1	32,0	32,6
260	33,5	32,5	35,0	34,6	36,2	34,7	34,2	33,7	32,3	32,3	33,1	32,3	32,4	32,2	31,6
280															
VEII B Entrelínea															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	40,6	40,6	39,1	34,0	32,8		25,2	22,2	23,7	21,8	22,1	21,6	19,2	17,5	18,7
40	35,9	35,5	35,2	33,2	31,8		25,2	24,6	24,2	23,7	23,1	23,0	23,7	22,7	22,8
60	34,5	34,7	34,9	34,5	32,0		26,0	25,0	25,5	25,5	23,7	24,4	24,2	23,7	24,8

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

80	36,2	35,3	35,0	35,8	34,5		28,2	27,5	26,5	25,4	24,5	24,8	23,9	25,2	24,1
100	35,4	35,0	34,0	35,2	34,2		27,9	27,5	24,9	24,6	23,9	23,7	24,5	23,2	23,3
120	35,8	36,1	34,5	35,0	34,7		30,1	28,0	26,1	25,2	26,0	25,0	25,4	24,5	24,5
140	36,5	36,5	34,7	35,6	35,1		32,6	30,5	30,1	28,8	27,3	28,8	27,7	27,6	27,3
160	35,3	35,1	34,6	35,4	35,5		32,3	30,0	30,2	29,1	27,6	27,6	26,9	26,0	26,8
180	35,9	35,4	33,9	35,6	36,2		33,8	33,0	32,6	30,7	30,3	29,6	28,8	29,0	28,0
200	35,3	34,9	34,8	35,8	36,1		33,7	33,0	32,9	32,4	31,9	31,8	30,0	29,3	30,6
220	37,0	36,9	35,2	37,3	38,4		36,2	35,4	35,0	34,0	34,2	33,6	34,6	32,4	33,3
240	35,1	36,0	34,3	36,2	37,2		35,1	34,6	35,0	33,8	33,4	33,5	34,2	33,1	33,3
260															
280															
VEII C															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	39,9	39,0	39,7	36,2	32,9	30,1	31,2	30,1	31,9	29,8	30,3	29,4	30,4	28,5	
40	37,9	36,8	36,8	35,0	32,9	32,4	27,3	28,4	29,7	29,0	28,1	28,0	27,9	26,3	
60	33,1	31,8	33,2	31,3	32,4	29,0	27,5	26,3	26,4	27,1	26,7	25,8	25,7	25,2	
80	33,0	32,0	32,8	31,9	31,3	30,1	28,7	27,0	26,3	25,3	25,4	24,9	24,4	24,7	
100	29,3	29,1	29,5	28,6	29,6	28,4	25,0	23,9	23,0	23,9	21,2	21,2	21,0	20,9	
120	28,2	28,0	28,1	27,4	27,7	26,8	25,4	23,7	23,8	22,6	21,3	21,3	21,5	20,2	
140	26,5	26,1	26,3	25,7	27,4	25,9	23,7	23,1	22,9	21,8	21,2	20,7	20,8	20,9	
160	27,6	27,0	26,8	26,7	28,5	25,7	24,2	22,8	21,8	20,9	21,0	20,7	20,4	19,7	
180	27,1	26,8	26,3	27,1	28,8	26,4	25,2	24,4	24,0	23,0	22,6	22,4	22,1	21,6	
200	27,0	26,9	27,0	26,7	28,4	25,7	24,6	23,9	23,0	22,2	22,4	22,5	22,6	21,9	
220															
240															
260															
280															
VEII C Entrelínea															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20		41,0	43,4	35,7	33,0		27,5	25,4	24,0	22,1	21,9	20,9	20,0	19,5	19,8
40		38,2	40,1	35,3	33,0		27,5	25,4	24,0	22,1	21,9	20,9	20,0	19,5	19,8
60		29,4	31,0	29,8	28,5		24,2	23,1	21,9	20,6	20,7	20,2	19,6	19,6	19,9
80		29,0	30,1	28,5	28,4		23,0	22,4	21,7	19,6	19,6	19,6	18,9	18,8	19,5
100		28,4	28,8	28,7	29,0		23,6	22,2	19,6	17,4	19,4	19,6	18,0	18,8	18,2
120		25,1	25,7	24,6	25,3		19,9	19,7	18,2	16,4	16,8	17,0	16,7	16,1	16,1
140		22,2	20,9	21,3	23,0		19,1	18,0	17,2	18,9	15,6	16,2	15,3	15,3	14,4
160		26,4	26,1	27,2	27,9		23,9	20,6	20,0	20,6	17,2	19,6	17,7	17,7	16,9
180		26,7	26,8	26,3	27,0		24,1	22,3	21,6	18,6	20,3	18,5	18,0	18,5	18,7
200		20,9	22,5	23,2	24,4		21,4	20,2	19,8	19,6	18,1	18,3	17,9	17,5	16,9
220		22,1	21,8	21,5	23,2		22,9	19,7	19,8	21,0	19,0	17,3	18,1	16,6	16,7
240		25,2	25,4	27,0	27,0		22,8	23,0	24,4	21,5	19,5	22,2	21,9	20,2	20,3
260		30,5	31,0	30,2	33,5		23,3	24,3	30,6	23,7	29,2	22,4	28,0	26,1	25,7
280															
VEII D															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	37,4	41,3	41,4	34,8	34,1	31,2	30,3	28,7	31,5	29,5	30,0	29,5	29,9	27,8	
40	36,5	38,1	41,3	37,3	36,8	34,0	31,8	30,8	31,6	32,8	32,5	31,0	31,9	31,3	

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

60	35,0	35,1	36,7	34,2	33,7	31,5	29,5	28,5	28,6	28,3	28,7	28,1	28,0	28,3	
80	33,5	33,4	35,6	32,5	32,7	30,7	27,9	26,5	26,1	25,2	25,4	25,2	26,0	25,1	
100	31,8	32,2	32,0	30,0	30,4	28,4	26,5	25,0	23,8	22,4	22,2	22,0	22,3	21,9	
120	31,0	31,5	32,8	31,3	30,8	28,9	27,2	26,1	24,7	23,8	23,5	23,3	23,4	23,2	
140	31,9	33,4	31,6	30,3	30,4	28,6	27,3	26,0	25,3	23,5	23,1	22,5	23,1	22,5	
160	30,7	34,4	33,4	31,4	32,2	30,6	30,0	29,1	27,3	26,4	25,7	26,1	25,7	25,7	
180	28,6	37,9	33,1	32,9	31,9	31,7	31,2	29,4	28,6	28,1	27,8	28,1	28,4	27,0	
200	31,7	37,9	35,7	35,5	34,3	33,9	32,7	32,5	31,9	32,2	32,1	31,4	31,7	31,5	
220															
240															
260															
280															
VEII SE															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	39,3	39,0	38,7	35,3	37,6	32,7	31,4	30,2	30,2	28,8	28,9	31,1	30,2	28,8	28,4
40	43,6	38,1	37,7	35,1	35,5	33,9	31,4	30,1	30,1	29,3	32,7	31,1	30,3	29,7	29,6
60	42,8	37,2	36,5	35,2	34,6	33,4	31,2	29,7	29,6	28,6	31,8	30,0	29,5	28,6	29,2
80	41,1	38,3	38,7	36,9	36,6	35,1	32,7	31,1	30,3	29,4	30,5	30,3	30,0	29,2	29,0
100	38,2	38,1	37,0	35,7	36,5	35,0	32,6	31,1	30,1	29,6	29,0	29,6	28,8	29,3	28,4
120	35,4	36,9	36,0	35,2	36,0	34,8	32,3	31,2	30,0	29,1	28,2	28,1	28,0	27,6	27,5
140	33,4	35,9	34,0	33,6	36,7	34,4	32,0	30,8	30,2	29,6	26,6	29,2	29,2	28,5	28,3
160	34,2	36,8	35,5	35,5	36,8	35,7	33,1	32,9	32,4	31,0	28,9	30,9	29,9	30,2	29,7
180	34,3	36,1	34,7	35,0	37,0	35,2	33,0	31,6	31,9	30,8	28,9	29,7	30,1	29,3	29,9
200	34,1	36,4	35,7	35,7	36,9	35,9	33,3	33,2	33,4	32,6	28,5	32,0	31,8	31,6	31,6
220	31,5	36,0	34,8	34,7	37,7	35,2	33,0	33,1	32,9	32,3	26,7	32,2	31,4	31,1	31,2
240															
260															
280															
CCI A															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	34,4	36,3	36,2	32,2	31,5	29,0	28,5	27,7	33,4	28,6	28,2	28,9	29,4	28,2	27,0
40	32,9	33,9	37,0	31,4	29,4	27,9	26,6	25,8	32,0	27,9	27,5	28,1	30,3	28,2	25,5
60	34,9	35,3	36,4	33,5	31,6	29,0	27,9	26,8	34,3	29,8	30,3	30,0	31,6	29,5	26,2
80	37,2	37,3	38,3	36,2	34,8	31,6	30,8	29,9	32,1	32,2	32,1	32,9	33,7	32,7	29,7
100	39,3	39,2	39,5	38,7	37,3	34,2	33,4	32,1	31,5	32,5	33,1	32,8	34,0	33,8	31,6
120	38,6	39,5	39,2	38,7	37,1	34,0	33,1	32,5	31,5	31,8	31,9	31,9	31,9	32,1	30,2
140	34,1	36,1	37,0	34,5	33,7	31,8	29,2	28,9	28,1	27,7	28,2	27,3	28,2	28,0	27,5
160	34,6	37,1	37,0	34,8	34,3	33,1	30,7	30,5	29,2	27,4	29,1	28,6	28,6	28,8	28,1
180	35,7	39,7	38,3	36,6	37,5	36,7	34,0	31,9	31,8	31,3	30,8	32,2	31,6	33,1	28,6
200	38,4	36,2	38,2	38,3	36,4	40,8	34,8	33,5	33,2	31,7	32,0	31,2	31,6	31,7	31,1
220	37,9	35,7	33,7	32,9	32,6	36,2	31,3	29,8	29,5	29,0	26,8	26,7	26,8	31,6	29,2
240	37,7	38,4	37,7	38,5	37,0	38,2	35,6	35,4	34,6	32,7	33,1	34,3	33,5	33,2	32,5
260	38,4	39,2	39,1	39,5	37,7	39,3	35,1	35,6	36,9	34,6	34,7	35,6	35,3	35,3	34,0
280															
CCI B															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	35,4	36,5	37,8	33,1	31,2	27,5	27,4	25,2	29,6	26,6	26,7	27,1	27,5	23,8	30,5

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

40	34,5	34,3	36,1	33,2	31,1	28,0	27,1	25,8	30,9	27,8	27,9	28,3	27,9	25,9	30,5
60	35,5	35,4	37,0	34,8	32,6	28,6	28,6	26,9	31,7	29,0	29,2	29,5	28,8	26,8	31,8
80	36,7	37,1	37,9	35,9	34,3	29,8	30,0	28,4	31,9	29,0	29,9	29,4	29,0	28,0	32,8
100	37,4	37,4	38,2	36,1	35,4	31,8	30,7	29,6	31,2	28,9	29,2	28,6	28,8	28,3	28,3
120	37,5	38,2	38,5	37,0	35,9	32,4	32,1	30,8	31,9	29,8	30,4	29,7	29,9	30,0	28,8
140	38,5	38,9	38,8	38,2	37,9	34,0	33,2	32,1	33,7	31,2	31,3	30,8	30,4	30,3	29,7
160	40,9	40,6	41,2	39,9	40,0	37,2	36,1	34,7	35,6	33,7	33,4	33,5	32,9	32,4	32,5
180	41,4	40,7	39,8	39,1	39,3	35,9	35,9	36,6	36,5	34,0	34,1	34,0	33,7	33,4	33,9
200	42,2	41,6	41,2	40,6	40,7	36,5	37,1	38,1	37,8	35,6	35,2	35,0	35,0	33,7	34,7
220	42,0	42,1	41,1	40,0	40,4	38,3	37,5	37,8	39,4	35,9	36,6	36,1	35,7	34,7	36,2
240	41,2	40,6	41,3	39,9	40,0	38,5	38,1	36,8	39,5	37,0	38,1	37,4	36,4	36,8	36,1
260	40,2	39,2	40,1	38,5	39,1	38,2	37,8	37,2	38,9	37,6	36,6	36,1	36,2	37,3	36,8
280															
CCI C															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	37,6	36,0	36,8	32,1	31,0	28,3	27,6	25,9	29,6	27,1	25,9	27,0	27,9	25,4	26,7
40	37,4	34,5	36,4	32,3	30,4	28,0	26,6	25,8	29,0	26,6	25,1	26,8	27,7	25,1	26,6
60	40,9	34,6	36,1	31,9	30,5	27,9	26,8	25,2	29,4	26,2	24,9	26,1	26,6	25,3	26,1
80	40,9	36,9	37,6	35,6	33,8	31,2	29,2	27,9	31,3	26,7	26,7	26,6	26,2	26,1	27,2
100	38,4	37,1	38,0	36,1	34,9	32,0	31,0	29,1	30,2	27,5	27,5	27,0	26,5	27,1	28,0
120	40,3	37,0	37,8	35,9	35,0	32,4	30,8	29,3	31,1	27,6	27,4	27,0	27,0	27,1	28,1
140	40,2	37,4	37,6	36,0	34,7	32,3	31,2	28,9	29,7	27,4	27,3	26,8	27,6	26,8	29,6
160	39,2	37,4	37,0	35,9	35,1	33,7	32,0	30,2	32,6	28,7	28,7	28,9	28,4	27,4	28,7
180	40,5	36,5	35,8	35,9	34,2	32,2	31,2	30,1	31,2	28,5	26,6	28,0	28,0	27,6	31,8
200	42,2	43,5	42,0	42,0	41,4	39,4	38,1	37,2	37,9	35,9	35,1	34,8	34,5	31,4	34,1
220	42,2	41,7	42,3	42,6	41,5	39,5	38,6	37,5	38,3	35,5	37,0	35,4	35,1	34,9	34,4
240	39,6	39,7	40,8	40,9	39,7	38,0	37,7	37,1	38,3	35,6	36,5	35,2	35,5	34,5	35,3
260	38,4	38,4	40,5	41,4	40,3	38,4	37,8	38,0	38,3	36,6	35,5	36,6	36,1	36,5	36,0
280															
CCI D															
	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20		36,0	37,1	31,7	30,8	27,8	27,3	25,7	29,4	27,1	28,7	27,0	26,4	25,1	
40		34,6	35,3	30,7	29,2	27,6	26,1	24,9	28,3	26,1	28,3	26,0	24,5	24,6	
60		33,9	35,3	32,0	31,1	28,0	26,8	26,3	26,9	27,2	29,1	26,8	25,8	24,7	
80		35,3	35,6	33,0	32,7	29,5	28,7	28,6	28,2	27,2	29,3	27,5	27,5	26,8	
100		34,6	34,4	32,7	31,4	29,1	28,6	27,2	28,1	25,8	28,0	26,9	26,1	26,3	
120		37,8	38,2	35,9	35,4	33,7	31,2	30,4	31,6	28,5	28,3	28,9	28,9	28,3	
140		38,6	37,9	36,6	36,6	33,9	31,9	31,6	32,4	29,1	30,0	29,7	29,6	29,6	
160		38,1	37,8	35,2	35,7	34,4	30,8	30,6	30,8	28,9	29,2	29,0	28,4	28,3	
180		33,5	34,2	30,7	32,4	29,6	27,8	28,5	29,4	26,5	26,6	26,2	25,7	25,9	
200															
220															
240															
260															
280															

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

CCI SE	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20		39,8	40,0	33,5	35,1	32,5	30,6	30,3	31,9	27,8	27,7	27,1	25,8	26,5	27,0
40		38,3	38,7	34,0	31,9	32,4	32,1	31,9	31,4	28,7	29,6	29,1	30,1	28,8	30,2
60		39,3	39,6	35,2	32,2	33,5	32,0	32,1	33,0	31,2	30,8	30,2	31,4	30,2	31,2
80		39,7	39,4	35,3	34,5	34,4	30,9	32,2	32,5	29,7	30,2	29,5	29,0	29,0	30,4
100		37,5	38,0	33,7	32,6	31,3	29,5	27,5	28,6	26,2	26,2	25,9	25,3	25,6	25,6
120		35,8	36,0	32,0	32,5	30,1	28,2	26,1	28,2	25,4	25,2	25,0	23,7	25,1	24,5
140		37,0	36,9	34,6	36,2	34,0	29,7	30,4	30,2	27,6	27,3	27,3	27,3	25,7	26,1
160		39,2	38,0	35,5	37,8	36,5	33,6	32,3	33,9	30,9	31,1	29,8	30,5	29,8	30,1
180		37,8	35,9	34,9	36,3	35,7	32,5	33,5	33,1	30,1	30,6	29,2	28,6	28,9	28,5
200		36,0	34,9	32,4	34,4	32,5	31,5	29,2	31,0	27,0	26,8	26,5	29,1	26,4	26,5
220		39,9	40,2	35,7	38,3	36,6	36,0	35,9	35,2	33,8	32,4	31,7	26,2	31,6	31,4
240		41,6	42,2	37,0	39,4	37,1	36,8	36,3	36,1	36,4	36,4	34,2	32,2	34,1	34,3
260		41,6	42,2	38,4	42,7	41,5	40,0	39,5	41,4	40,0	39,6	36,6	35,3	38,1	38,8
280															
CCII A	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	41,4	41,6	43,3	39,0	36,7	33,6	32,7	30,4	37,4	33,9	36,4	34,4	35,3	33,6	35,7
40	39,8	39,3	40,1	37,9	35,0	34,4	31,4	29,8	37,7	33,9	33,8	33,9	35,4	33,5	35,3
60	34,8	34,7	35,3	34,2	31,4	28,2	27,6	26,4	32,4	30,6	30,5	29,8	31,0	29,2	29,0
80	37,1	36,1	37,1	36,3	33,0	32,0	29,4	27,4	31,6	30,9	33,8	31,4	32,6	31,9	30,2
100	35,9	34,9	34,6	34,8	32,5	31,4	27,7	26,2	30,4	27,2	27,3	27,5	28,4	28,5	26,5
120	35,0	33,6	33,4	33,4	31,4	31,3	27,8	25,6	26,6	25,1	25,2	25,1	25,9	25,9	25,0
140	33,7	32,3	32,6	32,6	28,8	29,7	26,4	25,5	26,2	23,8	23,7	23,5	23,2	24,0	22,6
160	34,6	33,5	33,4	32,7	31,5	31,7	28,0	26,6	27,2	25,2	26,5	24,9	24,5	24,5	22,9
180	34,4	34,5	33,5	33,7	32,6	31,2	29,0	29,7	29,6	27,8	29,3	25,7	25,0	25,3	26,8
200	36,5	36,1	35,7	36,4	34,9	33,9	31,7	32,8	32,3	31,1	33,3	28,7	29,1	28,3	30,0
220	36,0	35,5	34,7	35,5	34,5	33,3	31,5	31,6	32,4	31,2	31,6	29,5	28,8	29,1	30,7
240	34,5	34,7	33,3	34,7	33,9	32,8	30,7	31,3	31,4	31,1	31,1	29,5	29,5	29,9	30,2
260	33,5	33,6	32,8	33,7	33,1	32,1	30,5	31,6	32,0	30,9	31,5	29,8	29,3	29,7	30,1
280															
CCII B	28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
20	43,0	42,5	44,3	40,4	37,5	35,9	33,9	31,0	33,1	31,4	31,5	34,1	33,7	30,8	38,1
40	43,2	41,9	43,1	40,0	38,2	37,0	33,4	32,6	35,0	34,4	35,0	35,4	34,0	31,4	36,5
60	40,4	35,2	34,4	33,7	30,6	33,2	26,8	25,9	29,2	27,6	27,4	27,7	26,1	25,7	30,1
80	34,6	32,0	32,9	31,6	28,6	28,6	24,9	23,7	25,8	23,9	23,1	26,3	22,8	22,8	24,9
100	33,7	30,1	30,9	30,0	27,5	30,1	24,2	22,6	24,9	20,9	20,7	21,6	21,6	21,7	23,0
120	35,8	29,8	29,9	29,5	26,6	29,3	24,6	22,3	25,7	20,5	20,4	20,8	21,1	20,9	22,2
140	33,4	30,5	30,6	30,7	28,5	30,4	25,7	24,1	25,9	22,7	22,3	23,3	22,4	22,2	23,6
160	33,4	31,0	30,5	31,2	29,0	30,5	26,6	25,5	28,0	23,7	23,4	24,0	23,5	23,4	24,9
180	34,5	31,5	31,7	32,1	29,9	31,3	28,3	26,5	26,5	25,5	26,6	25,2	24,8	25,0	27,4
200	34,2	34,4	34,6	35,1	33,9	33,6	30,6	30,0	31,6	29,0	29,9	28,4	28,5	28,5	28,4
220	34,7	35,2	34,4	33,4	33,8	32,8	30,5	31,2	31,6	30,5	30,6	30,0	30,2	30,1	29,3
240	34,7	34,6	33,5	32,8	33,6	33,5	30,8	31,1	32,9	30,6	29,7	31,2	30,9	30,5	30,4
260	34,7	31,8	31,1	31,8	30,7	32,1	29,1	28,4	31,7	28,9	28,8	28,7	28,6	28,5	28,5

Tabla A.25 – Valores medios de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 28 de marzo y 28 de agosto de 2007 (continuación).

280																
CCII C		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
	20	37,4	40,5	40,8	34,1	32,5	31,2	27,9	27,4	27,9	26,4	25,3	25,6	27,5	26,1	31,7
	40	39,9	38,6	38,9	34,6	33,1	28,3	28,2	27,0	29,1	28,0	26,8	27,2	28,8	27,7	32,6
	60	38,7	37,5	37,2	34,6	33,3	24,0	27,3	27,3	28,9	27,6	26,5	26,1	26,9	27,2	32,2
	80	36,2	36,2	35,7	32,8	32,3	25,7	26,8	26,4	26,8	25,1	25,6	24,1	25,3	24,6	26,9
	100	36,2	33,9	33,6	31,2	30,1	26,4	25,7	24,0	24,8	23,7	22,7	22,2	22,9	22,3	21,5
	120	33,4	31,9	30,8	30,3	28,6	27,4	25,1	23,6	24,5	22,7	21,5	21,7	22,0	21,8	20,4
	140	34,6	33,6	32,3	30,7	29,9	34,6	27,9	25,0	25,9	23,7	22,6	23,0	23,2	23,1	22,0
	160	36,4	32,9	32,0	31,7	30,8	33,7	27,6	26,0	26,3	24,2	23,0	23,2	23,4	23,1	22,4
	180	32,2	31,7	30,8	30,3	29,9	35,7	28,2	26,6	27,0	24,8	24,6	30,5	24,6	24,5	24,5
	200	32,0	33,9	33,3	32,1	31,7	39,2	30,7	25,3	30,5	27,3	27,3	27,5	28,6	27,5	26,9
	220	33,6	33,2	32,1	32,0	31,3	39,9	30,3	24,5	30,2	27,9	27,3	29,1	28,3	27,9	26,9
	240	31,8	33,6	33,9	32,4	33,0	41,3	32,2	30,0	33,7	29,6	29,1	31,0	30,4	31,0	25,1
	260	33,0	33,4	31,6	32,9	32,2	42,1	32,7	31,2	32,1	30,9	30,0	31,5	31,7	31,3	29,6
280																
CCII D		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
	20	41,7	42,0	37,7	35,2	34,1	30,2	30,6	29,6	33,3	31,8	35,2	34,8	33,5	32,3	
	40	41,1	41,2	42,5	37,5	37,5	36,3	34,1	33,9	38,9	33,2	36,0	37,8	36,4	36,1	
	60	36,3	36,9	40,1	36,6	35,0	35,7	31,7	31,6	32,6	30,7	34,2	34,5	33,3	33,3	
	80	36,9	35,1	39,9	37,2	35,7	37,9	31,6	31,8	33,7	30,9	33,9	35,1	35,4	32,9	
	100	34,5	37,2	39,4	38,2	36,6	37,5	31,4	31,4	33,3	29,1	31,3	32,9	34,0	32,5	
	120	33,0	33,8	37,6	36,4	35,1	36,0	31,5	30,3	34,6	28,7	28,9	29,7	30,0	29,4	
	140	33,4	32,8	35,3	34,1	33,2	33,3	29,6	28,3	32,6	26,1	26,7	25,1	26,2	25,5	
	160	34,0	32,5	35,9	34,2	33,9	34,0	30,8	30,2	34,9	28,8	28,7	27,9	27,4	27,8	
	180			39,7	38,8	37,3	35,1	34,3	35,2	34,1	33,2	33,4	31,9	33,7	33,4	
	200															
	220															
	240															
	260															
280																
CCII SE		28-Mar	17-Abr	7-Mai	21-Mai	5-Jun	15-Jun	25-Jun	5-Jul	12-Jul	25-Jul	31-Jul	7-Ago	13-Ago	21-Ago	28-Ago
	20	40,9	43,8	43,3	33,2	33,0		29,5	24,2	27,6	22,4	21,8		35,6	33,5	
	40	39,7	42,9	43,3	35,9	36,1		33,1	30,6	31,2	25,5	25,3		37,9	37,6	
	60	40,0	43,3	43,1	37,9	37,8		33,5	31,1	33,9	28,6	28,6		39,6	37,9	
	80	40,0	43,4	42,3	37,9	38,8		28,1	33,2	34,4	29,2	30,3		41,5	36,7	
	100	32,2	34,8	33,6	31,3	30,7		25,0	27,3	29,4	25,1	25,4		30,5	27,5	
	120	28,6	31,9	30,6	29,7	28,7		27,4	24,0	26,8	22,1	21,3		25,8	23,1	
	140	31,1	31,7	30,3	28,9	29,1		24,6	25,1	27,7	25,0	25,4		24,5	25,6	
	160	28,0	30,4	29,3	27,7	27,7		23,9	23,8	27,1	22,4	24,8		23,3	25,4	
	180	27,0	28,5	27,4	26,7	25,3		30,2	23,3	26,3	23,0	22,4		22,2	22,3	
	200	31,5	32,8	31,8	30,7	31,4		30,7	28,2	30,8	26,9	27,4		26,4	22,7	
	220															
	240															

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008.

Profundidad (cm)		Fecha													
VEI A		5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		38,9	37,9	34,7	37,8	29,1	27,2	24,3	31,8	27,1	32,7	28,3	23,5	26,0	25,0
40		31,7	32,6	30,6	34,1	26,6	26,2	23,7	29,1	23,8	32,7	25,4	22,7	23,4	22,4
60		29,1	29,3	30,0	33,6	25,4	22,7	21,8	29,0	22,3	30,4	26,9	22,8	21,9	22,5
80		33,3	34,2	33,6	37,7	29,9	26,5	23,1	32,1	26,7	34,9	27,6	23,7	25,2	23,9
100		32,2	31,5	32,6	35,7	30,3	27,0	25,4	26,2	26,1	31,2	28,6	26,3	25,1	24,9
120		28,8	30,1	31,9	34,0	31,5	28,5	27,2	26,9	26,4	26,3	27,4	27,7	26,3	24,9
140		25,8	27,3	28,4	30,7	30,8	29,1	26,8	27,9	27,5	27,5	26,8	27,2	26,9	28,5
160		26,5	27,0	27,7	28,2	28,9	28,3	25,8	27,7	28,4	28,6	29,1	28,7	27,8	28,2
180		28,9	30,0	30,0	30,4	30,6	30,0	29,4	29,8	30,2	30,0	30,8	30,8	30,2	31,2
200		30,9	31,0	31,1	30,8	30,9	31,0	30,7	30,6	31,0	31,2	31,3	31,5	31,0	29,0
220		31,0	31,8	30,5	31,0	31,3	29,6	29,1	30,0	29,9	29,6	29,4	29,9	29,4	29,7
240		30,4	33,3	32,3	32,5	31,3	32,8	31,1	32,7	32,4	31,4	32,2	31,5	32,4	34,4
260		33,9	36,1	35,8	34,7	34,0	36,3	34,5	36,2	35,4	35,6	35,5	34,8	35,2	34,4
280		34,0	36,5	34,7	35,0	32,6	34,7	33,3	34,7	34,8	34,2	34,0	34,2	34,9	34,2
VEI B		5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		39,9	38,4	37,3	41,3	32,3	29,8	26,9	35,3	28,9	32,7	29,5	28,1	28,3	25,2
40		34,7	36,3	35,6	38,9	31,2	29,1	27,6	34,3	28,7	34,0	29,2	27,8	27,4	26,6
60		37,3	34,7	35,1	38,9	31,4	29,4	28,1	34,9	30,0	35,3	31,5	28,9	28,2	26,9
80		38,7	38,2	37,3	41,0	34,7	32,6	30,5	36,2	32,4	37,8	33,8	31,9	30,4	29,9
100		41,0	40,2	38,5	41,4	36,3	34,1	32,8	36,1	33,1	37,2	34,9	32,0	31,0	30,8
120		39,1	38,6	37,5	40,5	36,2	33,4	32,0	35,2	33,4	36,0	33,1	32,5	31,8	30,7
140		35,0	37,4	38,1	40,5	37,7	35,6	33,8	37,6	36,5	36,9	34,6	33,8	33,2	33,7
160		32,8	32,5	35,1	37,4	36,5	34,8	34,3	36,8	35,2	36,2	33,6	33,7	32,8	33,3
180		33,8	34,1	36,2	37,8	36,7	36,4	35,7	36,8	37,3	37,8	36,4	35,3	34,2	33,9
200		33,3	33,5	35,0	35,5	34,5	34,8	34,7	35,7	35,1	35,4	34,6	33,3	32,9	34,0
220		35,5	36,6	35,2	35,7	35,4	34,9	34,2	35,0	36,0	36,0	33,8	34,1	33,7	34,0
240				35,3	35,9	34,2	35,3	34,7	35,6	36,1	36,1	35,0	35,7	34,0	34,5
260				35,6	35,4	32,7	35,5	35,0	35,1	35,7	35,3	35,3	33,2	33,3	35,7
280															
VEI C		5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		37,6	36,5	34,2	37,9	31,1	28,1	25,1	29,3	26,7	30,0	28,9	28,0	26,7	23,5
40		35,2	34,7	31,5	35,7	28,5	26,7	23,9	28,4	25,5	28,3	29,7	25,4	24,7	23,8
60		35,5	34,6	31,7	35,9	28,6	25,8	24,1	27,0	24,0	28,7	27,3	25,7	23,9	23,5
80		37,2	37,3	34,3	37,8	31,8	29,4	27,0	26,4	26,5	32,6	30,8	30,6	26,5	25,3

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

100	40,7	40,6	36,0	38,2	33,7	31,4	27,8	26,9	28,0	33,6	32,3	31,4	28,0	26,6
120	38,3	38,0	32,8	34,6	31,3	30,6	28,1	27,5	28,5	32,7	32,4	30,8	27,9	27,2
140	34,2	36,3	31,1	31,8	31,2	31,0	28,7	29,1	29,3	33,3	32,9	32,5	29,8	29,1
160	33,2	34,2	28,4	30,4	30,5	30,2	28,1	28,6	28,1	32,0	32,2	31,2	28,0	27,7
180	30,5	31,7	26,7	27,9	27,6	27,8	26,6	27,7	26,6	31,5	31,8	30,5	28,9	27,4
200	33,0	33,4	30,2	29,3	29,2	30,5	27,1	29,3	30,2	31,4	31,4	31,6	30,2	30,7
220	33,2	33,6	32,8	34,5	32,7	32,7	31,8	32,8	32,3	35,7	34,9	34,4	32,2	32,9
240	32,2	33,4	32,0	32,6	31,6	32,4	31,0	32,0	32,6	31,8	31,7	31,3	31,1	32,7
260	33,5	34,8	34,3	34,1	32,5	35,2	32,0	33,6	34,0	32,9	34,7	35,1	34,0	35,4
280														
VEI D														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	35,3	32,9	31,2	37,3	28,4	26,0	25,4	32,6	26,7	29,9	26,9	26,2	26,0	24,9
40	32,3	35,7	32,6	38,0	30,5	27,8	26,1	32,4	27,9	30,3	28,1	26,4	26,0	25,2
60	30,7	35,5	31,0	35,2	28,4	26,0	24,1	30,2	25,7	29,6	27,1	24,4	23,2	22,1
80	32,0	35,1	31,7	35,8	30,8	27,7	26,6	30,2	27,5	30,4	28,3	27,3	24,9	24,2
100	29,3	33,2	30,9	35,0	29,7	27,1	25,1	24,0	23,6	26,8	25,0	24,0	22,3	21,5
120	27,2	31,6	30,1	32,9	28,8	26,7	25,2	24,4	24,2	23,8	24,2	24,1	23,0	22,9
140	21,3	29,4	29,3	31,9	29,9	28,0	26,6	24,8	24,5	25,5	25,1	24,6	24,4	23,4
160	19,3	26,8	26,3	27,3	28,6	27,1	25,5	25,0	25,8	24,1	25,2	26,5	24,6	24,2
180	21,3	27,9	26,5	27,0	27,2	27,3	26,8	26,4	26,5	26,3	26,0	25,6	26,1	26,0
200		34,7	32,3	32,7	31,9	32,1	32,4	33,2	33,4	30,4	33,2	32,6	34,4	34,1
220														
240														
260														
280														
VEII A														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	40,1	38,4	39,5	42,2	34,7	32,2	29,5	36,7	32,4	38,1	34,1	32,3	31,4	26,5
40	37,2	36,8	35,2	38,7	32,5	30,5	28,0	35,8	31,9	35,5	32,2	30,0	29,0	28,1
60	34,2	33,5	32,5	36,2	29,8	28,2	25,8	34,6	29,7	34,4	30,6	27,6	26,5	26,3
80	35,5	35,0	33,0	36,6	31,0	28,6	25,9	35,4	30,0	35,7	31,9	28,3	26,6	26,7
100	37,9	37,2	34,6	38,0	34,4	30,8	29,2	32,5	31,7	38,0	33,8	31,6	29,8	28,4
120	37,9	37,4	33,0	35,7	32,1	29,9	27,4	30,4	29,6	34,4	32,4	29,5	27,2	26,7
140	36,2	36,9	32,3	33,5	32,3	30,3	28,0	28,5	27,8	30,0	31,8	26,0	28,0	27,2
160	31,5	32,7	31,0	33,2	32,8	31,1	29,3	29,0	29,2	29,2	29,1	26,1	28,1	28,0
180	30,5	31,9	29,2	31,2	32,0	31,4	30,0	30,1	30,3	29,7	29,0	28,1	29,3	29,4
200	33,1	33,2	29,9	31,5	31,6	30,3	29,1	29,6	29,4	29,8	29,3	26,7	28,5	28,4
220	32,1	32,6	30,2	31,0	31,0	30,0	29,6	30,5	30,1	30,4	29,2	28,3	30,2	29,6
240			31,3	31,7	31,3	31,2	30,2	32,1	30,5	30,9	30,8	30,3	31,0	30,7

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

260			33,4	33,3	32,2	33,1	31,0	32,4	32,8	32,3	32,8	33,2	33,0	32,6
280														
VEII B														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	41,9	40,3	38,3	41,8	34,5	32,0	29,4	39,4	34,8	39,4	34,8	32,4	32,7	29,5
40	36,6	36,1	34,6	37,8	32,5	30,1	27,4	36,1	32,7	36,6	33,1	30,6	30,2	28,1
60	34,4	33,8	33,4	37,7	31,7	28,7	27,2	35,9	31,6	35,6	32,2	29,6	29,2	27,0
80	34,6	35,0	34,3	38,8	32,7	30,1	27,3	35,7	32,4	36,5	33,5	30,5	29,0	26,7
100	33,6	33,7	33,2	36,7	31,9	29,7	27,4	30,4	31,1	34,8	32,4	29,9	27,6	25,8
120	32,6	32,8	32,5	34,8	32,2	30,6	28,6	27,6	29,5	31,0	30,0	29,4	27,3	26,5
140	27,4	32,6	31,0	33,1	32,2	30,9	28,6	28,7	29,3	29,4	29,6	28,4	28,4	26,9
160	27,3	29,1	28,3	31,5	33,0	31,4	29,6	29,8	29,9	29,4	29,9	29,0	28,5	28,4
180	25,4	27,7	27,6	28,8	30,6	29,5	28,0	28,2	28,3	28,4	27,8	27,7	28,1	27,9
200	30,2	30,4	28,4	29,2	28,6	28,7	28,0	28,4	29,1	28,5	28,1	28,0	27,5	28,1
220	31,6	31,4	29,7	30,1	29,5	29,7	28,8	29,6	29,7	29,6	29,9	29,1	29,0	29,8
240	31,5	32,1	31,6	31,7	30,0	31,7	30,1	30,8	31,0	30,9	30,6	30,0	29,9	29,7
260			33,4	31,1	32,1	29,9	31,9	30,5	30,6	31,3	30,7	31,1	29,8	29,2
280														
VEII C														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	32,6	36,8	35,6	39,3	32,3	29,2	27,3	32,4	28,9	30,9	30,1	27,6	27,5	25,1
40	30,6	36,1	33,4	37,6	31,2	31,3	26,6	31,3	28,8	29,9	28,7	27,4	27,4	25,2
60	33,1	34,6	31,1	36,4	30,0	28,2	25,8	29,0	26,9	27,4	29,3	25,7	24,9	24,6
80	29,9	32,0	30,0	32,9	28,5	27,0	24,9	26,3	24,7	24,3	24,0	22,9	23,1	23,0
100	28,3	29,5	26,5	29,8	26,2	25,3	23,5	22,6	21,6	21,2	20,7	21,2	20,7	20,4
120	25,0	25,9	25,2	25,8	25,0	23,9	23,1	21,8	21,4	21,2	21,5	21,2	20,7	20,0
140	19,1	22,3	24,0	24,3	24,4	23,4	22,0	21,0	20,8	20,3	20,6	19,6	20,5	19,1
160	20,6	20,9	21,1	21,7	24,1	23,4	22,7	22,1	21,7	21,4	21,2	21,1	21,3	20,8
180	22,0	22,0	21,5	20,8	23,6	23,6	22,5	22,4	21,7	22,3	21,3	22,2	21,8	21,3
200	22,5	21,8	22,0	22,2	22,6	21,8	22,4	22,5	21,9	21,3	21,6	22,9	21,8	22,2
220														
240														
260														
280														
VEII D														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	40,4	40,1	35,2	40,6	32,0	29,2	28,4	33,8	28,7	31,9	29,6	28,0	28,2	26,6
40	42,5	40,5	36,3	40,9	33,6	30,9	30,0	36,0	32,2	34,5	31,2	29,7	29,7	26,9
60	38,0	36,2	33,8	36,3	31,5	30,0	28,5	35,1	30,7	33,7	30,8	28,5	27,5	26,4
80	35,1	35,1	32,3	36,4	30,8	28,2	26,5	33,8	28,0	31,5	28,5	26,3	23,8	22,9
100	32,3	32,5	29,4	34,2	28,1	26,2	24,3	25,4	24,0	25,7	23,9	23,5	22,3	21,6
120	31,9	32,2	30,3	32,0	28,7	27,7	24,1	24,3	24,1	23,6	24,0	23,9	22,5	22,3

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

140	26,8	27,4	27,7	29,1	28,4	26,5	25,3	23,7	23,2	23,8	22,3	22,7	21,9	20,6
180	27,8	30,4	30,1	29,8	29,7	29,7	30,1	28,6	29,4	28,5	27,9	27,4	28,4	27,2
200	31,5	31,1	30,8	33,5	31,5	30,4	30,3	32,2	31,3	30,0	30,0	28,8	29,9	29,9
220														
240														
260														
280														
CCI A														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	35,9	32,7	32,8	37,9	29,9	27,1	26,1	34,7	27,7	30,5	30,7	27,7	27,7	23,2
40	34,9	33,8	30,6	34,2	25,7	24,5	23,7	33,6	27,0	32,4	29,0	27,5	26,5	26,1
60	34,4	32,7	30,8	33,9	26,4	24,9	23,5	35,3	28,6	33,8	31,4	27,4	27,1	25,2
80	37,4	34,1	32,7	35,5	29,7	27,2	26,5	37,1	33,4	35,4	34,9	32,0	29,8	27,1
100	36,7	37,3	35,3	38,0	32,4	30,0	29,6	38,1	35,9	38,0	38,2	35,5	34,5	31,7
120	36,8	36,4	34,7	36,7	33,0	30,9	29,8	36,3	34,9	37,2	36,7	33,9	34,0	32,0
140	34,0	27,0	25,9	27,2	26,2	24,4	23,5	29,1	28,0	30,1	30,0	27,5	26,8	25,5
160	28,1	23,2	22,5	23,1	24,3	23,1	22,1	29,6	26,5	29,1	28,1	25,7	24,8	24,2
180	26,7	25,9	26,7	26,9	27,0	27,2	27,2	32,0	31,4	31,0	31,2	30,1	29,0	27,1
200	28,9	30,5	29,9	29,7	29,7	29,0	30,3	34,5	33,8	32,4	34,1	32,1	32,8	31,4
220	26,2	27,5	26,4	25,4	25,2	25,4	24,2	27,6	28,7	31,1	30,9	27,3	28,1	28,2
240	28,6	31,8	30,4	30,6	31,3	30,9	32,2	33,9	34,2	32,8	34,8	33,4	33,9	32,5
260	31,3	33,1	31,9	33,2	33,8	33,1	33,6	34,3	35,2	33,5	36,3	34,2	36,4	34,1
280														
CCI B														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	36,9	34,3	31,7	37,5	30,4	26,4	24,3	33,0	26,1	31,2	29,1	26,1	26,1	22,9
40	32,4	33,9	31,6	35,3	27,7	25,4	24,4	33,3	26,6	29,6	29,5	29,0	25,8	24,7
60	32,6	33,6	31,5	36,0	28,7	25,8	25,3	35,7	28,5	33,8	31,5	30,3	26,7	25,2
80	32,5	34,6	32,9	37,5	30,3	27,8	26,9	36,7	29,9	34,8	33,0	32,0	28,3	26,5
100	35,1	36,3	33,9	37,3	31,5	29,2	28,6	32,5	31,2	34,3	31,1	31,9	29,0	27,8
120	34,2	35,9	34,6	36,2	33,2	31,2	30,3	30,9	30,7	30,8	31,5	29,9	30,1	28,6
140	30,0	34,1	33,4	34,6	32,9	30,9	29,9	30,3	30,5	29,4	30,9	32,1	30,4	28,7
160	30,5	33,8	32,6	34,1	33,2	31,8	31,7	32,1	32,5	31,0	33,2	33,5	32,3	29,8
180	31,6	33,3	32,6	33,8	33,9	32,1	32,2	32,8	33,6	30,8	33,6	35,8	33,2	31,4
200	32,2	34,5	32,8	34,8	34,6	33,0	33,0	34,5	34,9	32,5	34,3	36,1	34,7	32,3
220	34,4	34,7	33,6	34,9	34,6	33,4	34,4	34,5	34,6	34,1	34,6	35,5	34,7	32,2
240	37,4	34,4	34,0	35,4	35,3	34,1	34,3	35,8	36,0	35,0	35,8	35,4	35,7	33,1
260	36,5	35,8	34,1	35,5	35,0	34,5	34,5	36,4	36,2	34,1	36,1	36,2	36,5	34,4
280														
CCI C														

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	36,7	33,2	31,4	36,1	27,7	25,2	24,5	26,1	24,3	26,8	25,8	25,0	25,6	24,2
40	36,8	34,0	31,2	34,9	27,3	25,3	24,1	26,9	24,4	27,5	25,9	24,9	25,5	24,0
60	36,8	35,9	32,2	36,6	28,7	26,7	25,8	28,8	26,7	28,3	27,6	28,2	25,9	25,0
80	39,4	38,3	35,2	39,2	31,4	29,0	28,4	30,5	29,1	30,0	30,1	29,4	28,3	28,3
100	41,6	39,2	36,1	38,5	33,9	31,3	30,4	30,8	31,1	30,3	30,6	29,9	30,0	29,4
120	38,4	36,2	34,3	35,3	33,5	31,1	30,4	30,5	29,7	29,9	30,2	29,0	29,4	29,3
140	34,1	32,4	30,9	32,0	32,6	30,4	30,8	30,0	30,5	29,9	29,1	29,1	29,5	29,1
160	31,0	29,3	28,3	28,9	30,6	27,8	28,7	28,6	29,3	28,8	29,1	28,2	29,0	28,5
180	35,0	31,8	30,0	30,8	31,2	29,6	30,4	31,2	31,2	31,5	30,9	30,9	31,4	32,2
200	34,7	34,3	32,1	33,5	33,1	33,1	33,2	34,0	34,1	32,8	31,5	33,3	33,8	33,4
220	34,7	35,5	32,6	33,9	32,9	32,7	34,1	33,2	33,9	32,8	31,5	33,0	32,8	32,1
240	33,4	34,8	32,7	33,6	34,7	33,4	33,9	34,3	35,1	34,2	33,7	34,1	34,1	33,7
260	34,8	36,8	34,2	35,5	35,7	34,3	34,9	36,3	36,5	35,2	34,5	35,5	35,5	34,8
280														
CCI D														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	34,6	32,1	33,3	35,2	27,9	26,1	24,3	30,7	25,7	29,0	26,7	25,1	24,9	24,1
40	32,3	30,1	30,7	33,1	26,3	24,9	23,8	29,6	24,7	27,2	25,8	24,8	23,3	23,5
60	31,0	29,2	31,9	34,7	28,2	26,2	25,7	31,1	26,3	28,7	27,6	26,2	25,2	24,5
80	29,9	28,0	32,8	34,6	30,3	27,7	27,9	30,6	28,5	30,7	29,1	29,3	26,3	26,6
100	25,2	23,6	31,4	31,6	29,3	27,2	27,3	29,0	26,6	26,0	26,5	26,1	25,3	26,4
120	30,5	31,7	34,0	33,2	32,1	29,5	29,0	28,9	29,4	28,5	28,4	29,3	27,8	25,2
140	25,6	25,5	32,0	32,1	31,8	29,8	29,6	30,2	29,0	28,4	28,8	29,2	29,4	29,4
160	24,9	23,7	28,3	28,8	29,0	29,3	28,2	28,2	28,4	27,1	27,4	27,5	27,9	28,3
180	24,9	25,3	25,2	24,4	25,1	25,5	25,1	25,2	24,7	25,5	25,0	25,0	24,2	24,0
200														
220														
240														
260														
280														
CCII A														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	41,0	41,3	37,0	40,7	33,3	30,2	27,7	41,5	35,0	38,2	35,5	34,2	34,3	30,5
40	41,2	40,7	37,3	40,7	34,7	31,6	30,9	41,2	36,5	38,8	36,3	35,7	34,9	32,4
60	38,3	40,0	30,5	34,8	28,9	27,0	26,0	35,2	30,0	34,1	30,8	29,8	28,7	27,2
80	37,3	36,3	31,9	35,3	29,8	27,5	26,2	36,4	31,3	35,6	32,6	30,9	29,2	27,5
100	37,6	33,2	29,9	32,7	27,9	25,8	24,4	33,2	28,9	33,5	32,5	28,2	26,4	25,2
120	34,2	30,6	27,3	28,6	26,5	24,5	23,2	27,1	25,7	30,1	27,6	27,1	24,6	23,1

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

140	29,5	27,8	23,8	26,0	25,0	22,9	21,9	22,2	21,4	26,7	23,8	24,8	22,6	22,2
160	29,3	26,1	23,8	24,0	23,5	22,6	21,4	21,9	21,7	25,3	22,1	22,5	22,3	22,8
220	37,7	31,5	28,3	29,8	29,8	27,5	27,0	28,5	28,7	30,2	27,4	28,7	28,0	29,1
240	37,6	31,3	28,4	29,3	29,5	28,0	27,1	28,5	28,8	30,6	27,1	28,1	28,3	28,7
260	37,3	30,9	28,5	29,3	29,4	28,3	27,8	28,7	29,0	28,5	27,6	28,5	28,4	28,8
280														
CCII B														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	42,4	39,9	36,9	42,2	34,8	31,6	29,5	41,2	35,3	39,8	36,8	34,7	35,7	30,7
40	43,2	41,8	38,4	42,9	35,3	32,4	31,6	40,9	36,0	40,3	36,6	34,7	34,2	30,5
60	39,1	38,5	33,1	37,4	30,4	28,3	26,9	35,9	30,7	34,1	31,7	30,8	27,2	26,2
80	35,9	35,1	31,2	34,7	28,8	26,2	24,2	33,2	28,3	33,1	29,4	26,6	24,6	24,0
100	33,9	34,0	29,3	31,4	27,6	25,1	24,1	28,1	26,0	29,9	28,5	25,7	24,6	22,5
120	30,2	32,3	26,5	27,6	26,6	24,8	23,7	24,8	24,3	27,9	28,5	25,1	23,2	22,7
140	28,2	30,6	25,4	26,9	26,1	25,5	24,2	26,6	25,1	26,2	25,8	24,9	24,3	23,8
160	29,0	29,8	25,3	25,9	26,0	25,1	25,5	27,0	26,0	25,7	25,4	25,1	25,1	23,9
180	30,0	30,2	26,5	26,8	26,7	27,1	25,9	28,8	27,9	27,5	27,2	27,4	28,0	25,7
200	30,7	33,3	28,0	28,2	28,9	27,7	27,0	29,0	28,3	27,2	28,1	27,3	28,1	26,7
220	31,7	32,7	29,2	29,5	29,6	28,8	28,7	29,8	29,3	29,4	29,2	29,5	29,0	28,0
240	31,7	32,9	29,4	30,6	28,4	28,8	28,8	29,8	29,8	29,0	29,3	29,7	29,4	28,6
260	30,3	31,8	28,3	28,4	28,3	28,4	28,1	28,4	28,4	27,9	28,2	28,5	28,2	28,6
280														
CCII C														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	41,3	38,6	35,0	39,8	31,5	29,1	27,7	31,7	28,4	31,7	29,4	29,0	29,3	26,7
40	43,7	39,0	34,9	38,4	32,9	29,7	29,2	32,6	30,0	31,4	29,7	28,9	29,9	28,5
60	44,8	37,1	34,6	37,4	32,4	29,4	28,1	30,3	28,5	29,6	28,4	28,6	27,6	27,8
80	39,9	34,6	31,7	34,0	29,4	26,3	25,0	24,3	25,2	25,2	25,3	24,9	23,4	23,6
100	31,1	30,9	28,0	29,1	27,0	22,5	20,6	19,9	20,7	20,9	20,2	19,7	19,3	18,8
120	31,4	30,6	23,1	23,9	24,8	21,9	19,6	20,2	19,6	20,7	19,9	18,8	19,0	19,3
140	34,9	30,4	24,5	24,8	25,9	23,2	21,6	21,6	21,1	21,9	19,5	18,3	20,8	20,7
160	31,7	30,1	23,9	24,4	22,8	22,8	22,2	22,8	22,0	22,4	22,9	21,5	21,6	21,5
180	35,5	31,5	23,6	24,0	23,6	23,7	24,0	23,7	23,3	24,0	24,3	22,6	23,0	23,2
200	33,4	32,9	26,1	27,0	26,2	26,2	26,0	26,0	26,4	25,7	26,5	25,8	25,2	25,6
220	36,3	35,1	26,8	28,1	26,5	27,6	26,8	27,7	26,8	26,3	27,3	27,0	26,6	26,2
240	34,8	36,5	29,9	30,3	29,4	29,4	29,0	30,6	30,0	28,4	29,5	28,6	28,9	28,4
260	36,8	38,1	30,2	31,3	30,3	30,7	30,9	31,7	31,5	30,3	31,3	31,3	30,8	29,8
280														

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

CCII D	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		42,0	41,4	42,0	34,8	31,6	30,3	40,0	37,0	38,1	34,9	34,4	33,1	32,1
40		42,5	41,6	42,1	35,9	33,8	32,5	40,6	40,1	38,5	37,7	37,7	35,1	33,3
60		40,1	38,7	40,8	33,2	31,3	30,7	39,7	37,2	35,7	34,9	34,9	31,9	30,5
80		40,2	38,8	40,5	34,8	32,2	31,4	39,1	37,2	36,5	34,5	37,5	32,4	31,4
100		38,9	37,7	39,1	34,0	30,9	29,7	37,9	36,8	34,3	33,5	33,1	31,3	30,8
120		33,4	33,1	33,1	31,7	29,3	29,2	31,2	33,4	31,6	31,3	31,9	29,6	28,0
140		26,4	27,0	27,3	27,1	26,5	25,6	26,1	27,4	27,0	27,5	27,3	26,9	25,8
160		27,7	27,9	27,6	27,6	27,9	28,1	27,0	27,9	26,8	26,8	27,5	28,5	28,4
180														
200														
220														
240														
260														
280														
VEI SE	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	38,3	36,3	34,5	39,2	31,0	27,3	25,1	24,1	21,8			21,0	20,8	19,8
40	34,7	34,1	31,4	36,3	30,2	27,0	25,5	25,4	24,8			24,2	24,2	23,4
60	34,1	33,0	30,6	34,9	30,0	27,0	25,3	24,9	24,4			24,2	23,2	22,4
80	35,4	34,5	32,2	37,1	31,9	27,8	25,6	26,2	25,6			25,1	24,9	24,7
100	36,5	35,9	33,7	37,6	33,7	29,9	28,2	27,4	26,6			25,7	25,6	25,2
120	34,3	33,5	31,6	36,0	32,0	28,7	27,1	26,1	25,5			24,8	24,4	23,7
140	29,4	29,9	29,3	34,2	31,4	28,9	26,9	27,4	26,4			25,4	26,2	25,0
160	29,0	29,3	28,5	31,1	32,4	30,8	28,9	29,1	29,4			28,3	27,8	27,7
180	30,8	29,7	29,5	30,4	31,0	28,8	29,2	29,4	30,0			28,8	29,0	29,1
200	29,7	29,0	29,0	29,3	28,8	28,0	28,6	28,4	28,9			28,1	28,4	28,1
220	28,0	28,5	27,4	28,1	28,7	26,5	28,5	27,7	28,1			27,5	27,1	27,3
240	27,0	26,8	27,2	27,1	27,4	28,1	26,6	26,9	27,6			26,2	26,5	26,9
260	26,2	26,7	25,7	25,8	26,6	27,2	27,3	25,1	25,0			25,3	25,1	24,4
280														
VEII SE	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	42,0	39,3	38,8	43,8	33,0	27,0	24,0	19,8	19,2			18,9	19,9	19,4
40	38,3	37,6	35,7	39,8	32,8	28,2	27,1	25,9	26,1			26,0	25,0	24,7
60	38,6	37,1	36,1	40,2	33,7	30,2	30,5	28,9	28,4			28,6	27,8	27,2
80	37,8	37,2	35,7	40,2	35,3	31,5	28,9	27,4	27,9			27,3	26,4	26,5
100	37,0	36,0	34,5	38,2	34,2	29,8	27,0	27,0	26,8			25,9	26,2	25,2
120	36,5	35,9	35,9	40,7	38,1	34,8	34,2	32,7	32,6			31,7	32,0	31,1

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

140	35,5	36,2	34,7	38,5	38,7	35,4	36,5	33,3	34,8		34,2	34,0	33,5	
160	32,8	31,2	29,8	31,2	31,7	30,7	31,3	28,7	31,7		31,7	31,2	31,0	
180	35,7	35,2	33,2	35,4	35,1	33,3	34,7	32,9	34,5		34,3	33,7	33,7	
200	36,6	34,3	32,9	35,5	34,8	33,4	35,0	33,6	35,2		34,0	34,0	33,7	
220	29,5	30,8	29,2	29,5	30,2	29,5	29,1	28,1	28,4		28,9	27,7	27,5	
240	33,6	32,8	31,2	32,0	33,3	31,1	32,7	31,2	32,3		32,9	31,3	31,2	
260	34,4	34,7	33,1	35,1	34,9	32,9	34,5	31,9	33,7		33,6	33,4	32,5	
280														
CCI SE														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	37,7	36,6	34,9	37,4	29,0	25,8	23,0	21,8	21,9			19,5	18,4	18,2
40	34,6	33,2	31,3	34,6	27,1	23,9	21,3	22,2	20,2			19,9	19,6	19,5
60	39,1	35,8	33,8	36,3	30,9	27,6	26,5	25,1	25,2			24,7	24,2	24,1
80	42,0	36,1	35,3	33,2	30,8	27,1	24,4	23,9	23,1			22,2	21,5	21,4
100	43,3	36,3	35,6	34,0	33,2	29,4	28,2	27,4	26,2			25,5	25,5	25,4
120	33,7	33,0	32,8	30,2	32,0	28,9	28,9	28,2	27,1			25,8	26,1	26,0
140	32,1	28,5	29,0	30,9	31,3	28,7	29,3	27,5	28,2			27,8	27,1	26,6
160	32,3	27,0	25,9	28,8	26,2	27,3	25,7	25,9	25,0			26,7	26,8	25,7
180	42,4	31,5	30,2	31,9	30,0	30,3	30,3	29,0	30,5			30,6	29,8	29,4
200	36,6	33,1	34,4	32,5	34,1	31,9	33,6	32,3	33,4			33,5	33,2	33,0
220	45,4	35,6	34,1	34,3	33,2	32,6	34,5	31,8	33,1			33,0	33,2	32,9
240	44,8	33,8	32,3	31,2	31,5	30,4	33,2	30,7	31,7			31,7	31,8	31,1
260	46,9	36,3	34,1	32,7	35,6	32,8	32,4	33,0	34,1			34,3	34,9	34,9
280														
CCII SE														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		41,1	39,1	39,6	29,8	28,5	26,0	24,3	24,9			24,8	23,5	23,2
40		43,1	40,3	40,8	34,7	32,6	31,3	30,4	31,1			29,5	28,7	28,5
60		39,4	37,5	38,0	33,5	31,8	31,8	30,1	31,1			28,4	29,9	29,6
80		38,3	36,7	37,2	33,4	33,4	31,5	30,6	31,9			31,1	30,5	30,5
100		37,3	36,9	36,9	35,1	34,1	32,4	30,8	32,7			30,8	31,9	31,6
120		32,1	31,4	35,1	32,6	32,3	31,5	31,0	32,6			30,1	30,8	30,6
140		29,8	29,9	29,7	30,1	29,8	29,1	28,3	30,5			28,5	29,7	29,4
160		30,7	30,4	30,7	30,8	31,4	30,9	30,3	32,5			30,6	32,9	32,2
180		30,2	29,2	27,7	28,5	29,3	29,2	29,9	30,5			30,7	31,2	30,7
200		36,1	35,0	32,9	33,4	33,8	34,1	33,3	35,0			34,1	34,8	34,8
220		36,3	36,0	34,6	34,8	34,5	33,8	33,7	35,8			33,3	34,9	34,1
240		34,1	33,6	32,2	32,1	32,1	32,7	31,1	33,2			31,4	33,3	32,2
260		32,8	32,1	30,4	30,1	29,6	30,1	28,3	29,1			27,6	28,8	27,9

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

280															
VEI A Entrelinha															
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago	
20	38,2	39,4	33,0	39,4	29,9	29,5	26,5	25,4	22,8			23,4	20,7	20,7	
40	31,3	37,5	30,3	34,4	26,9	24,7	22,8	22,0	23,4			21,4	22,0	21,8	
60	33,0	42,7	30,0	32,7	26,9	25,2	22,4	22,0	23,2			21,7	22,3	22,0	
80	31,4	33,8	28,0	30,7	25,8	23,8	22,3	21,4	22,2			21,4	20,4	20,2	
100	31,2	41,7	29,0	28,2	27,0	24,8	23,1	22,4	22,6			22,3	21,7	21,5	
120	30,2	40,4	30,3	29,2	27,2	25,4	23,6	23,4	23,6			22,3	23,1	23,0	
140	28,1	31,0	29,6	28,9	28,5	27,5	26,4	25,7	25,8			25,5	25,9	25,9	
160	30,0	30,6	29,9	30,3	29,9	30,5	29,3	29,3	29,0			29,4	28,2	29,2	
180	32,6	31,0	30,9	30,9	30,4	31,4	30,8	30,5	30,6			30,6	29,8	30,0	
200	33,1	32,3	32,3	32,4	31,9	33,4	32,7	33,2	31,0			32,3	31,7	31,7	
220	36,0	35,0	35,4	34,9	33,8	36,2	35,0	35,2	34,9			33,6	35,0	23,2	
240	35,0	37,9	35,9	35,7	33,3	35,4	35,0	34,0	35,7			36,5	34,8	34,7	
260	36,0	36,5	36,9	38,0	34,8	36,4	36,9	37,6	37,2			37,3	37,0	37,2	
280	38,0	37,8	36,7	37,1	34,0	36,6	36,8	37,2	36,5			36,7	36,7	37,0	
VEI B Entrelinha															
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago	
20	37,6	36,3	32,4	39,2	29,0	29,3	25,5	25,9	24,7			23,7	23,2	21,8	
40	37,5	37,5	34,3	38,9	30,7	29,7	26,9	26,4	28,0			24,8	25,9	25,4	
60	36,4	37,5	32,8	37,8	29,9	29,0	26,5	27,4	26,5			25,8	26,5	26,0	
80	36,3	36,8	34,6	37,3	31,5	30,9	28,1	28,5	28,3			26,1	28,5	28,4	
100	37,4	37,6	36,3	37,1	32,8	32,6	29,6	29,1	29,8			27,2	28,9	28,6	
120	36,1	36,2	35,4	37,4	33,5	33,3	30,0	29,0	30,7			29,8	31,2	31,0	
140	33,1	33,5	33,6	34,6	31,3	30,9	29,4	29,9	29,3			30,9	27,5	26,7	
160	33,3	34,0	31,0	33,2	31,6	34,2	30,8	34,2	33,8			30,6	34,8	33,2	
180	38,9	38,7	37,6	37,6	35,9	38,1	35,4	38,0	37,9			34,5	37,7	37,0	
200	38,5	38,0	38,2	37,7	35,7	37,4	35,4	37,0	37,2			37,6	36,8	36,4	
220	35,9	35,7	36,0	36,1	34,5	35,2	34,1	35,1	35,0			37,4	35,6	35,0	
240	34,7	34,4	33,2	33,1	32,4	33,7	32,2	33,3	33,7			34,5	33,4	33,3	
260	35,0	36,7	34,9	34,7	33,4	36,0	33,5	35,2	35,1			33,3	35,6	35,0	
280	37,7	36,8	36,4	36,6	34,1	36,7	34,3	37,5	37,2			35,3	36,0	35,0	
VEI C Entrelinha															
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago	
20	38,0	37,2	34,0	39,6	29,9	28,7	25,9	25,6	23,0			23,5	20,0	20,1	
40	38,6	36,9	34,6	38,7	30,4	29,1	26,3	26,2	25,6			25,3	24,9	24,8	
60	38,6	37,2	36,1	39,9	33,1	32,0	29,0	28,6	27,9			28,3	27,2	27,0	
80	37,5	36,7	35,7	38,2	31,7	30,0	27,1	26,7	25,2			25,6	25,8	25,5	
100	37,1	36,9	36,7	38,2	33,2	31,7	28,6	28,9	27,7			27,5	26,0	25,8	

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

	120	37,2	38,1	36,7	37,2	33,4	32,7	29,1	30,2	27,9			28,5	28,1	28,0	
	140	32,3	33,3	33,9	37,2	33,9	33,3	30,6	30,3	29,6			28,9	29,1	28,2	
	160	29,8	31,0	30,4	29,7	31,0	31,2	29,8	29,7	30,2			30,6	27,9	28,0	
	180	31,6	33,4	32,0	32,9	31,3	32,7	32,0	31,9	32,2			32,3	31,9	31,4	
	200	32,3	32,8	31,5	33,1	30,5	31,1	31,3	30,6	30,5			31,1	30,5	28,7	
	220	31,4	32,8	30,6	31,9	30,3	31,2	30,6	30,8	29,7			30,5	29,5	29,6	
	240	29,9	31,9	30,8	30,1	29,8	30,9	30,3	30,7	30,5			29,9	29,8	30,5	
	260	32,0	32,5	32,1	31,7	30,7	32,2	31,8	32,0	31,6			31,6	31,2	32,5	
	280	35,0	34,5	35,0	34,7	32,9	34,3	34,7	34,7	34,3			34,2	33,4	34,1	
VEII A Entrelínea																
		5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul		21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
	20	41,3	39,9	36,4	41,0	32,2	32,8	29,6	27,2	27,9				28,3	27,0	26,6
	40	35,5	35,6	32,5	38,0	29,8	28,8	26,0	27,4	25,7				24,9	24,5	24,1
	60	35,1	33,7	31,4	35,8	29,1	27,6	25,5	25,4	24,5				23,7	24,5	24,0
	80	33,4	31,7	30,4	33,5	28,0	26,3	24,3	25,8	22,9				22,4	22,7	22,5
	100	33,4	33,6	32,4	34,3	29,7	29,9	27,6	29,4	26,4				25,2	25,5	25,2
	120	37,2	37,6	36,2	38,0	32,7	33,7	29,0	28,8	28,6				28,3	28,5	28,4
	140	34,8	36,0	34,8	34,8	32,7	32,3	28,2	29,6	27,6				28,0	27,9	27,7
	160	30,1	31,0	33,5	33,1	31,9	32,9	29,3	31,6	29,4				29,8	29,0	28,7
	180	30,8	31,7	32,1	32,6	32,4	33,9	31,2	33,8	31,4				31,5	31,9	30,9
	200	33,2	34,8	33,6	34,1	32,8	34,5	33,4	34,0	33,7				33,5	33,5	33,3
	220	34,9	36,1	35,0	35,3	33,2	35,2	33,6	36,4	34,7				35,1	35,6	33,7
	240	35,7	36,9	37,5	37,1	34,6	37,1	34,8	34,3	36,2				36,3	36,1	36,2
	260	36,4	35,2	34,6	34,9	33,0	35,2	32,9	31,9	33,6				33,7	34,4	33,4
	280															
VEII C Entrelínea																
		5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul		21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
	20	29,2	28,5	26,0	36,9	24,6	24,3	23,6	20,9	20,6				19,2	15,8	15,3
	40	35,2	34,9	31,0	36,1	29,2	28,1	24,4	25,7	24,4				24,5	24,5	24,2
	60	29,6	29,8	26,4	32,8	25,9	23,5	22,4	21,6	21,3				21,0	20,0	19,7
	80	28,8	29,8	26,2	31,2	25,3	23,7	21,9	19,7	20,0				19,9	18,6	18,2
	100	28,6	28,0	26,2	30,1	25,8	24,1	22,3	19,6	19,4				18,7	17,7	17,0
	120	27,4	27,9	24,5	28,4	24,2	22,6	20,1	17,7	18,5				17,2	16,6	16,4
	140	22,8	23,5	21,8	25,2	21,4	20,0	19,3	20,9	17,7				16,9	16,4	16,5
	160	25,4	26,0	23,4	25,6	24,3	23,1	21,9	20,2	20,5				18,7	19,3	19,1
	180	24,0	25,9	23,2	20,8	24,4	22,0	20,8	19,5	19,6				19,4	17,8	18,9
	200	18,5	20,4	19,5	20,6	21,4	20,7	20,7	18,2	18,8				17,8	17,1	18,4
	220	18,1	19,8	19,2	19,6	19,9	18,3	18,4	21,6	16,9				17,7	16,3	18,1
	240	20,8	21,5	22,5	29,2	22,5	23,4	23,2	21,4	22,7				20,4	22,9	22,0
	260	26,8	27,5	25,0	27,8	25,4	24,4	25,3	22,7	24,2				24,7	23,8	24,5
	280															

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

VEII SE Entrelínea														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	40,0	38,6	36,2	41,0	33,4	30,9	28,8	26,3	24,0			22,5	23,6	23,3
40	37,5	36,4	33,8	38,8	33,5	31,7	29,8	27,9	28,6			28,2	28,0	27,8
60	37,7	36,0	33,5	39,5	33,9	29,7	30,5	28,6	29,5			27,5	28,1	27,9
80	40,3	38,4	36,3	40,8	36,4	32,6	32,1	30,2	31,2			30,3	29,5	29,2
100	41,0	39,7	37,9	43,3	39,1	34,3	33,7	32,2	33,1			31,7	31,7	31,4
120	33,2	33,9	32,7	36,0	35,7	30,4	29,9	29,3	29,7			28,9	29,4	29,0
140	35,2	35,0	34,0	35,5	35,9	33,9	34,8	32,9	34,1			33,8	34,3	32,9
160	35,7	35,0	33,8	34,6	36,3	33,4	34,9	33,6	35,0			34,2	35,8	34,9
180	38,4	36,5	35,6	37,7	37,8	35,7	37,8	35,6	36,6			37,0	37,2	36,5
200	37,0	36,6	35,2	37,2	37,1	34,9	37,3	34,9	36,8			36,3	36,1	36,4
220	36,1	35,5	33,6	35,3	35,9	34,3	36,7	34,1	35,7			34,9	34,9	34,8
240	34,2	34,6	33,1	35,0	35,1	33,1	35,5	33,1	35,7			34,9	32,9	33,5
260	33,4	32,2	31,7	32,4	33,2	31,7	32,9	30,8	32,0			32,4	32,6	32,9
280														
CCI SE Entrelínea														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20	36,5	34,2	29,0	36,2	25,9	25,5	23,9	23,1	21,4			21,2	19,5	19,8
40	36,8	34,2	29,8	34,9	26,2	26,6	24,9	25,1	24,7			24,4	24,2	24,1
60	38,2	36,0	32,6	33,8	28,4	28,2	28,8	28,3	28,5			27,4	27,4	27,2
80	38,7	37,6	33,5	34,2	27,6	27,3	27,8	27,6	27,7			26,9	26,9	26,7
100	32,0	30,1	28,7	29,0	25,5	24,4	30,1	27,4	23,8			22,8	22,9	22,8
120	35,5	34,5	33,5	32,1	30,3	28,7	26,4	28,3	28,8			28,7	27,6	27,5
140	32,9	32,0	32,0	31,4	30,7	29,5	29,5	28,3	29,3			27,9	28,3	28,3
160	28,8	26,9	26,3	27,6	26,6	25,4	25,5	25,6	27,0			24,1	23,8	23,7
180	25,5	25,7	24,9	25,2	24,5	25,4	24,3	25,7	25,0			23,9	24,2	24,1
200	23,7	25,3	24,7	27,9	24,4	24,9	24,7	24,9	23,9			24,0	24,1	24,4
220	26,8	29,0	28,6	33,5	27,1	27,7	23,9	26,6	26,4			28,2	27,2	27,8
240	34,2	33,1	32,8	34,2	31,3	31,4	26,7	31,4	32,6			30,2	30,8	30,4
260	33,7	34,6	34,5	34,0	32,7	33,8	32,0	32,3	33,2			31,3	31,3	31,7
280														
CCII SE Entrelínea														
	5-Mar	12-Mar	31-Mar	23-Abr	4-Jun	17-Jun	30-Jun	7-Jul	14-Jul	21-Jul	25-Jul	28-Jul	12-Ago	26-Ago
20		39,7	33,9	38,6	30,8	29,2	26,9	26,6	24,5			23,4	22,8	22,5
40		36,5	32,5	34,9	29,5	29,6	29,3	28,7	29,3			28,2	29,0	28,8
60		35,8	31,3	32,8	28,5	28,7	28,9	28,4	28,9			28,4	29,1	28,9
80		34,6	30,2	30,5	27,3	27,3	27,4	26,6	27,7			26,5	26,7	26,5
100		32,2	30,5	29,8	26,9	26,5	26,5	25,3	25,5			25,3	24,8	24,5
120		30,0	29,1	29,0	26,5	26,2	25,9	25,7	25,5			24,9	24,2	24,0
140		29,1	29,0	28,6	28,2	27,9	27,1	28,1	28,2			27,1	27,6	27,2
160		31,9	31,5	31,0	29,4	31,1	29,0	29,2	31,1			29,7	31,3	30,3

Tabla A.26 – Valores de contenido volumétrico medio de humedad del suelo entre 5 de marzo y 26 de agosto de 2008 (continuación).

180		31,9	31,6	31,1	30,7	30,2	29,3	29,9	30,5		29,4	29,5	29,9
200		35,4	34,2	33,2	32,3	31,3	30,8	32,9	33,0		31,8	34,2	33,0
220		38,5	35,7	32,4	33,4	33,2	33,4	32,9	34,6		32,7	34,2	33,5
240		36,7	35,0	33,4	33,0	32,3	32,0	32,7	34,2		32,7	34,7	34,9
260		37,0	36,9	35,6	35,2	34,9	33,9	35,6	36,6		34,9	37,1	37,0
280													

ANEXO XII – PERFILES DE HUMEDAD DEL SUELO POR MODALIDAD Y POR TIPO DE COBERTURA X SUELO

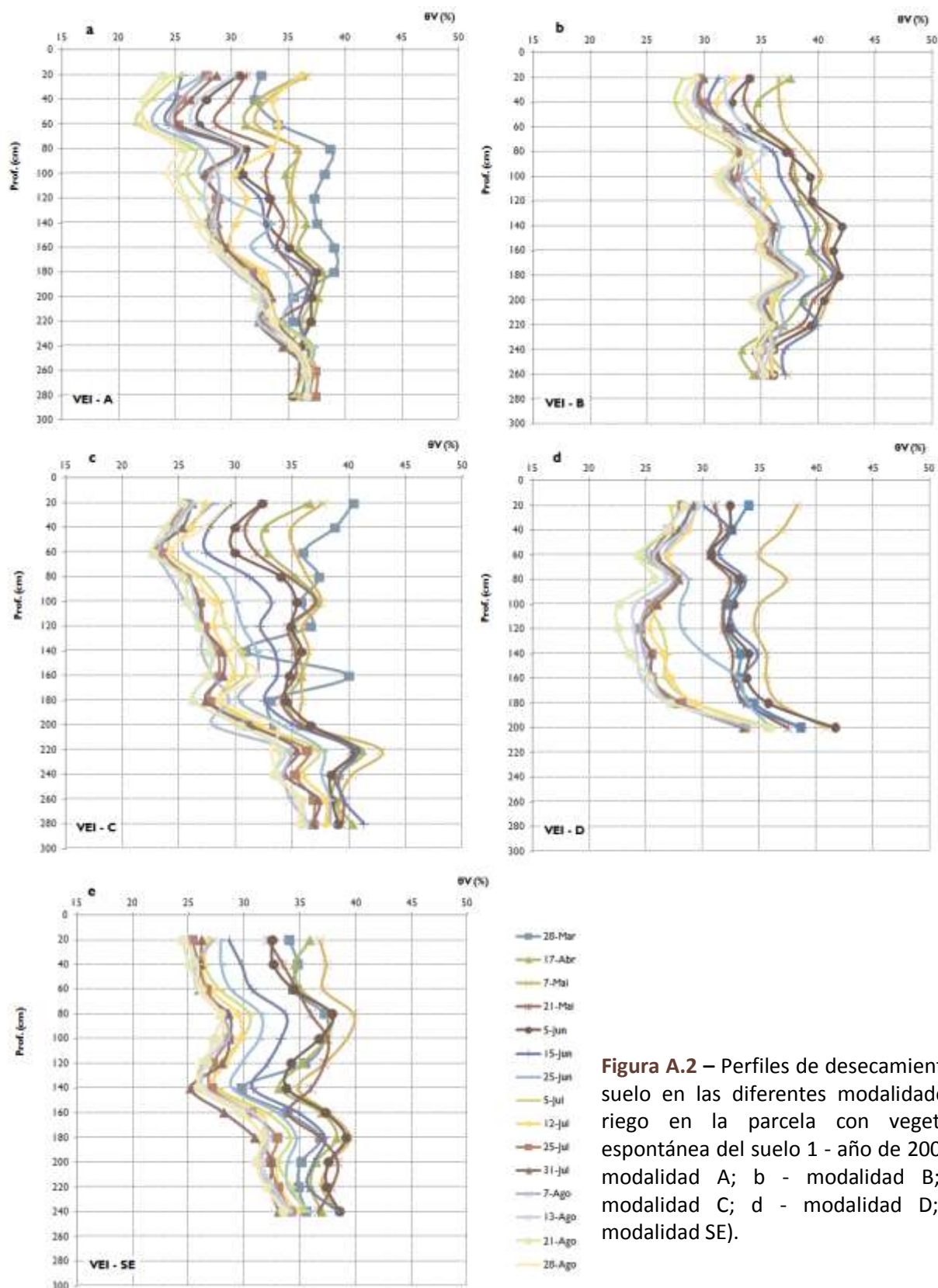


Figura A.2 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 1 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

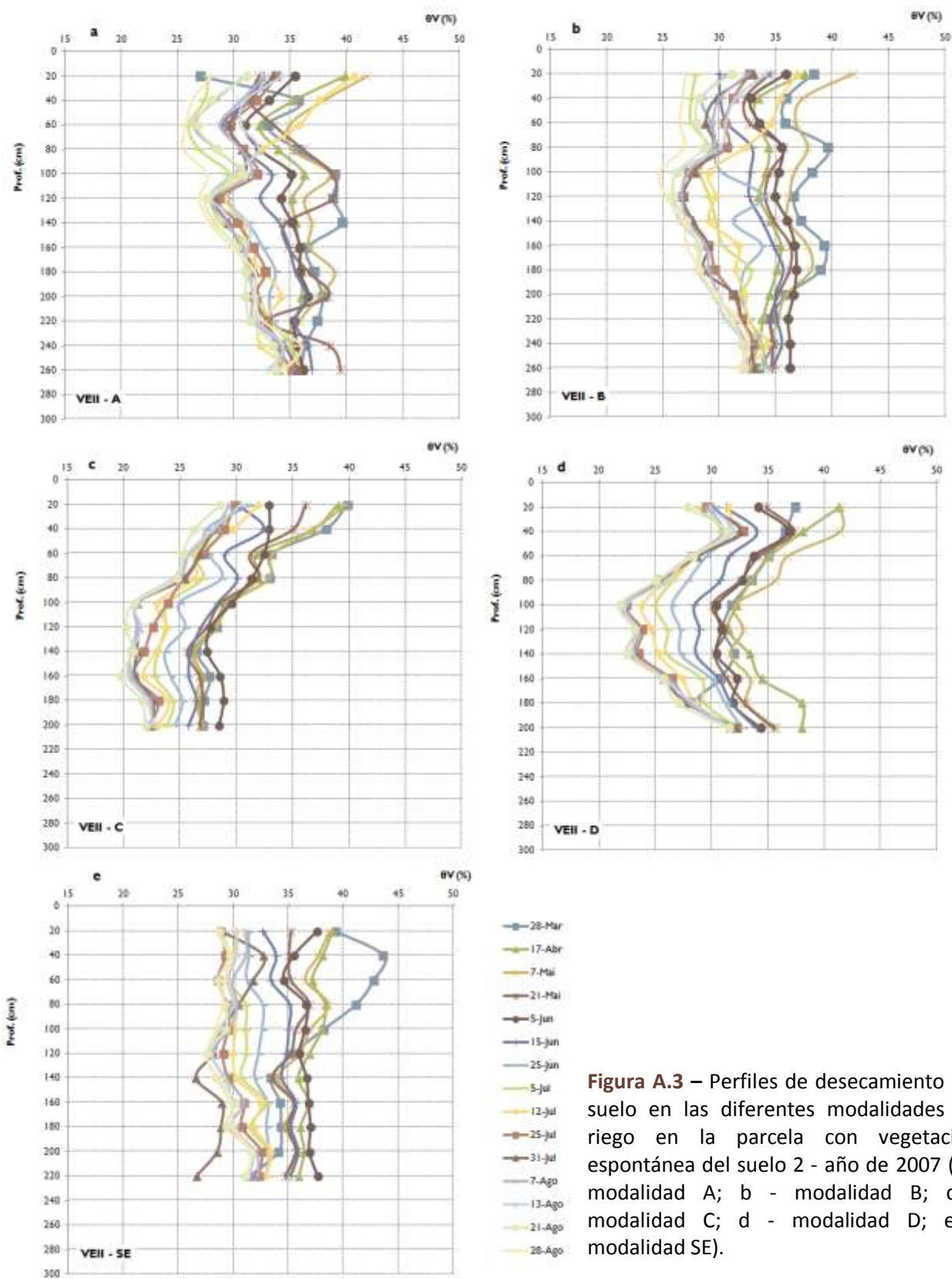


Figura A.3 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 2 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

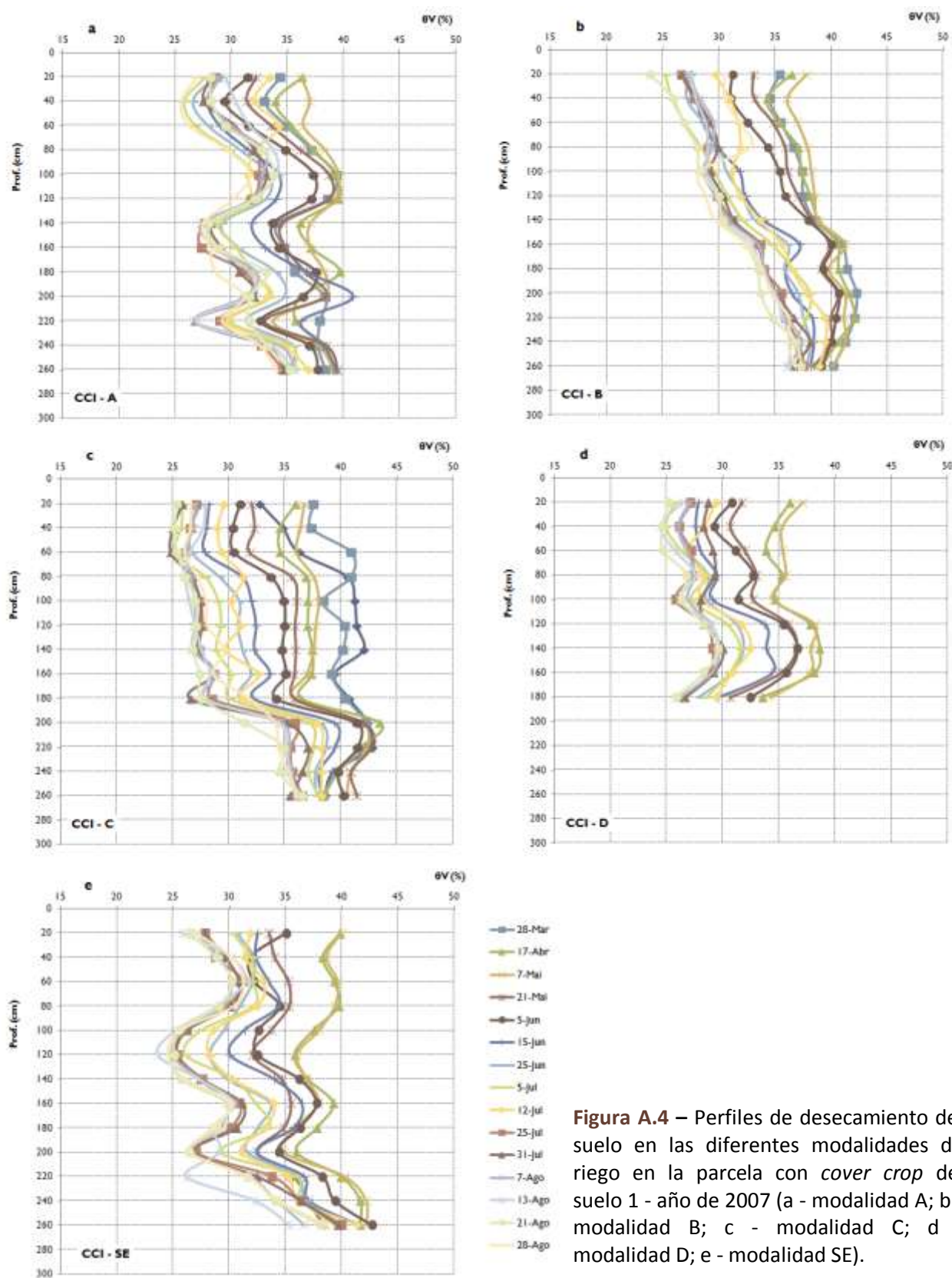


Figura A.4 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con *cover crop* del suelo 1 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

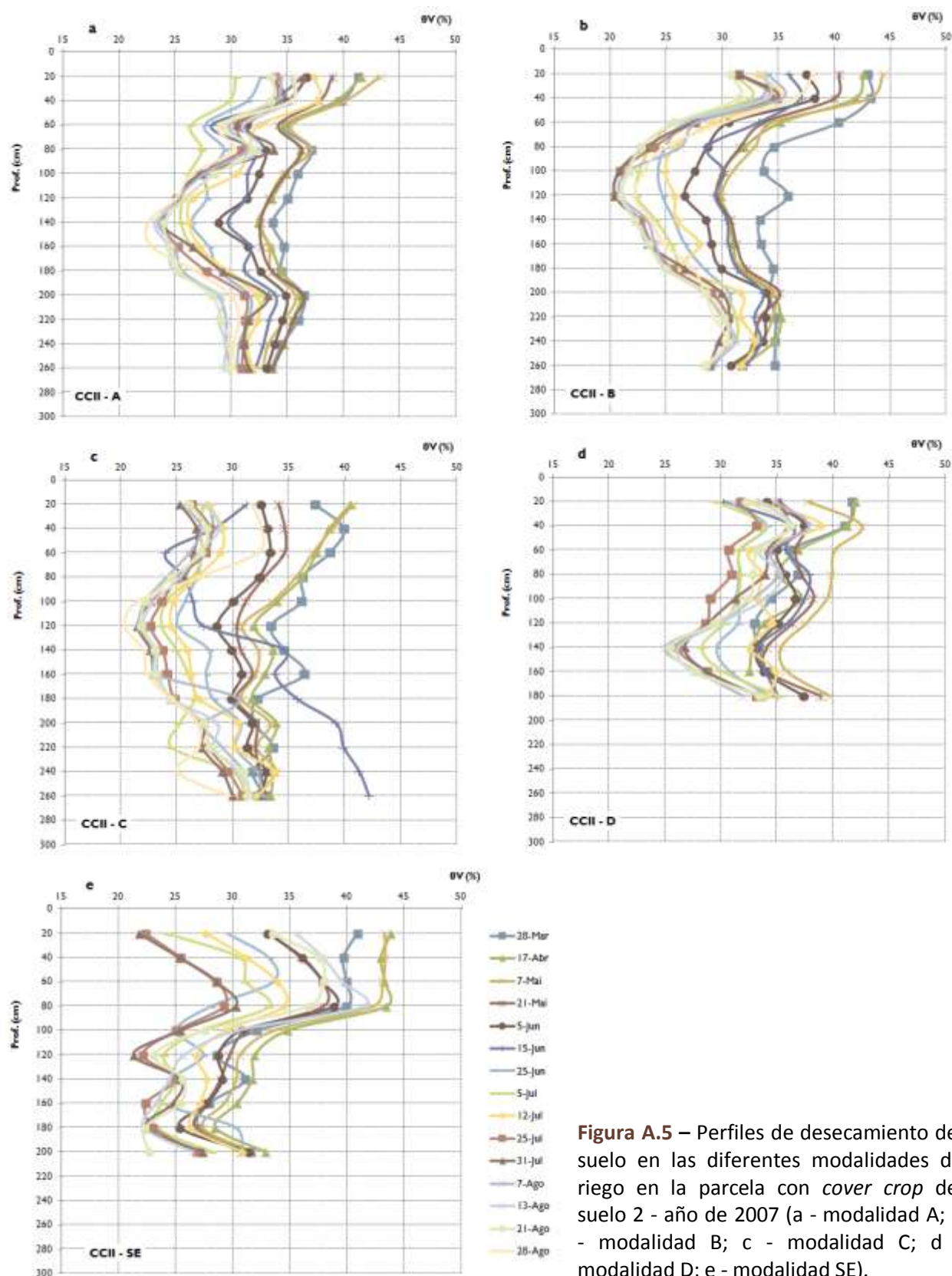


Figura A.5 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con *cover crop* del suelo 2 - año de 2007 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

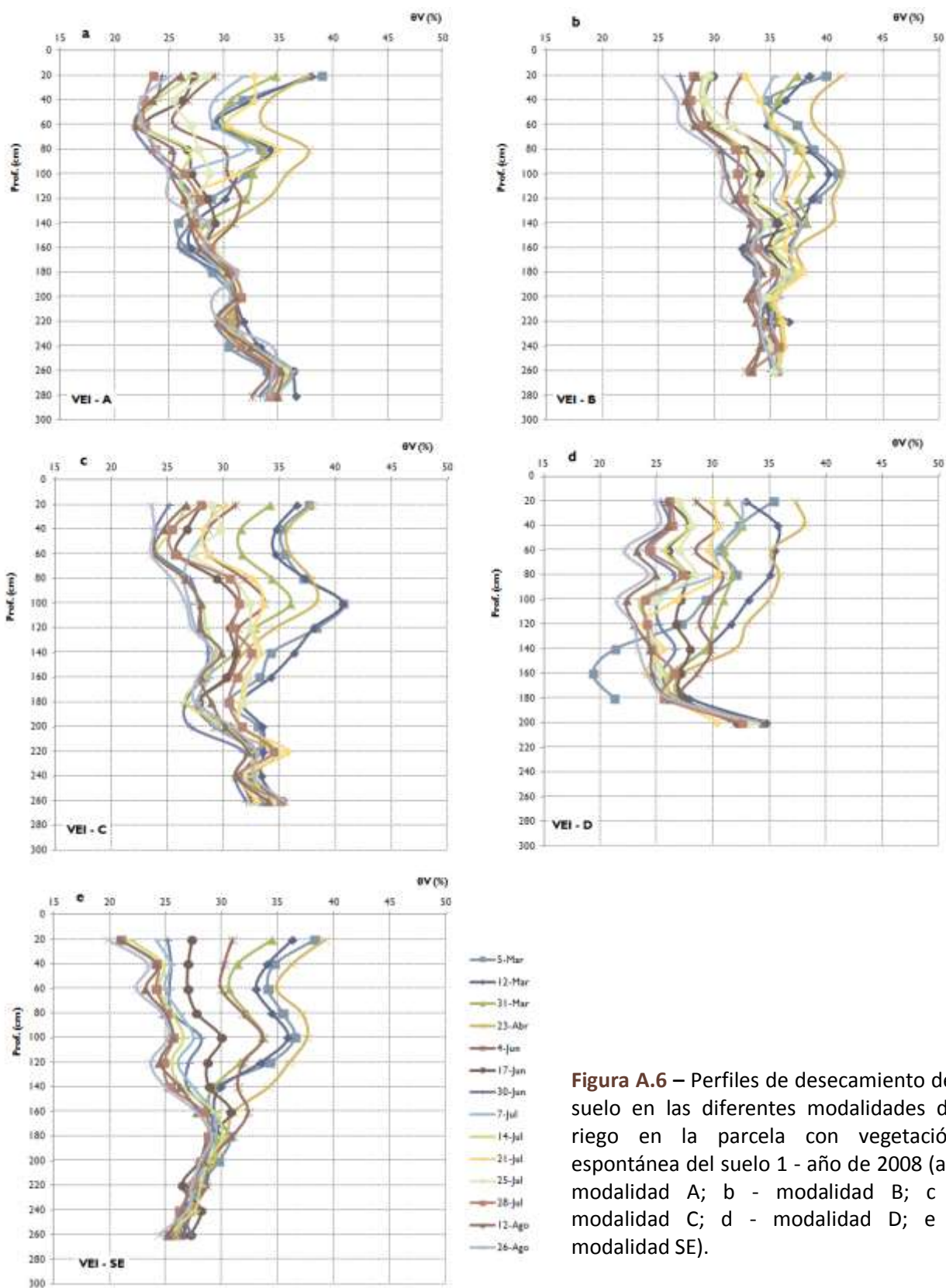


Figura A.6 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 1 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

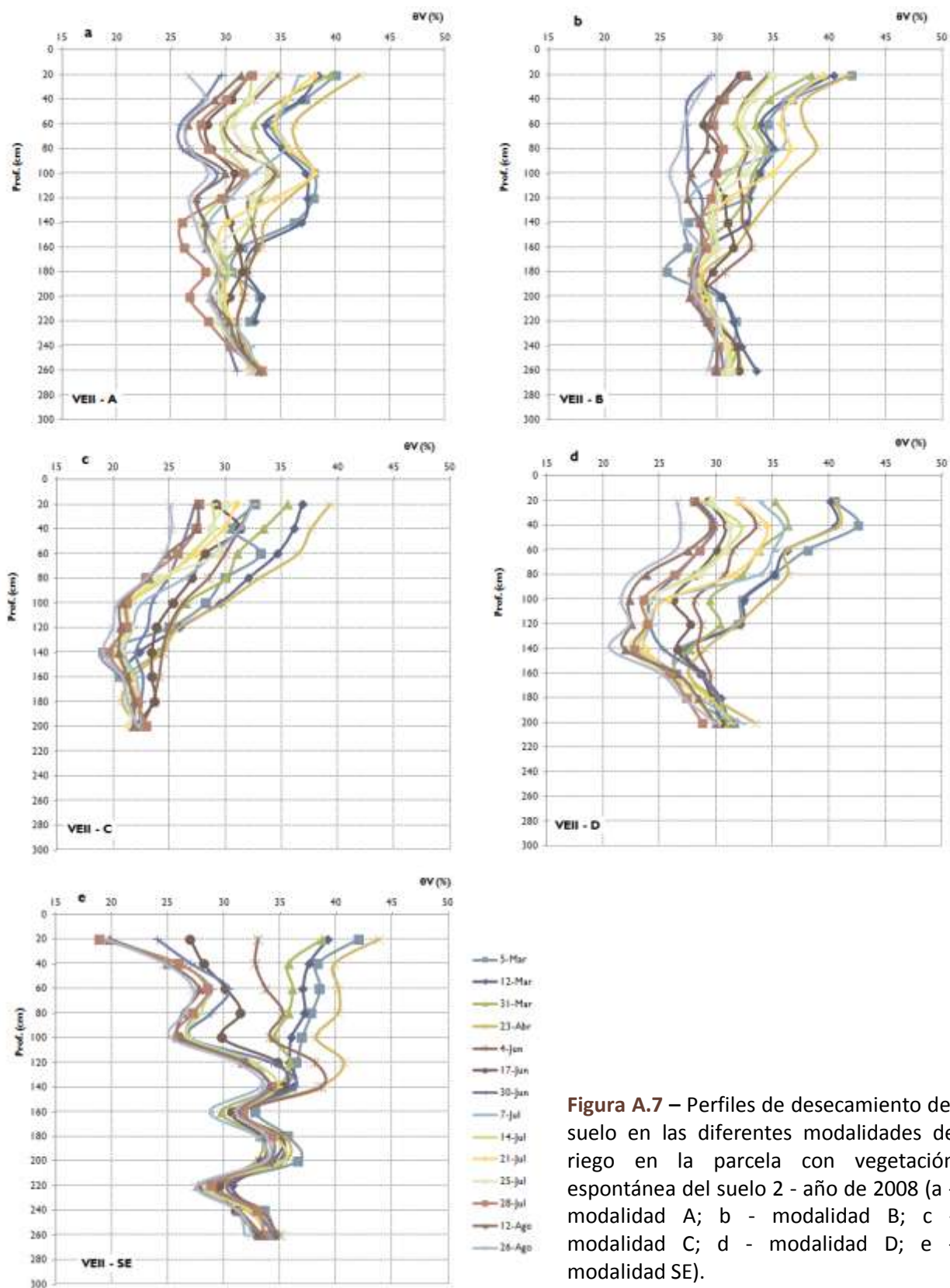


Figura A.7 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con vegetación espontánea del suelo 2 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

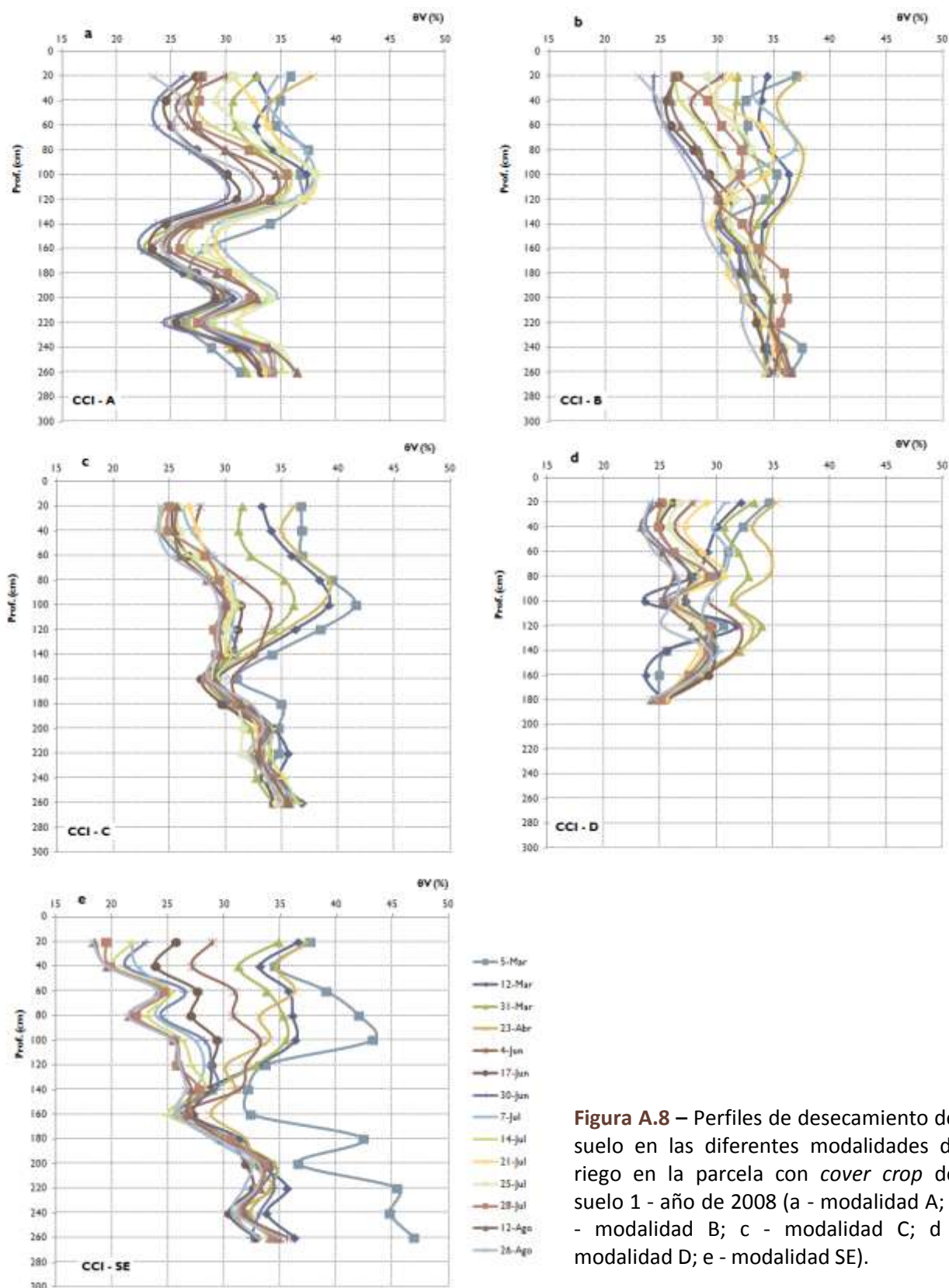


Figura A.8 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con *cover crop* del suelo 1 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

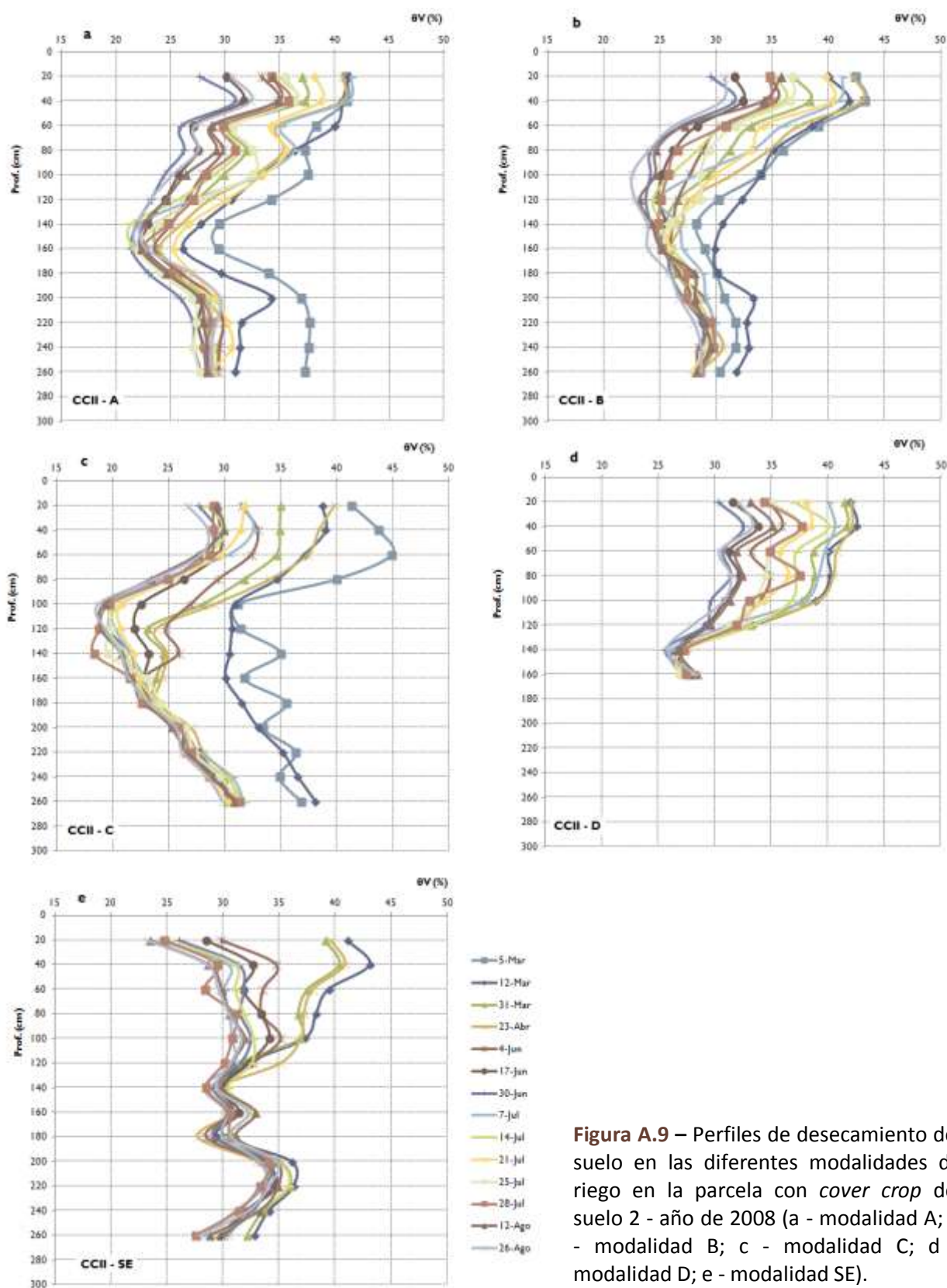


Figura A.9 – Perfiles de desecamiento del suelo en las diferentes modalidades de riego en la parcela con *cover crop* del suelo 2 - año de 2008 (a - modalidad A; b - modalidad B; c - modalidad C; d - modalidad D; e - modalidad SE).

